Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Studi literatur dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini yang merupakan pencarian referensi yang berhubungan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari Tugas Akhir, artikel dan jurnal yang berkaitan.

Penelitian yang dilakukan oleh Akpan dkk (2008) mengenai "*Production of Ethanol Fuel from Organic and Food Wastes*" bertujuan untuk mengubah limbah menjadi bahan yang berguna dengan mengkonversi limbah organik (koran bekas) dan sampah makanan melalui proses hidrolisis asam sulfat dan mikroba. Sebanyak 4 liter air ditambahkan ke 1200g substrat pati pada suhu 50°C selama 60 menit. Kemudian suhu dinaikkan menjadi 75°C dengan ditambahkan enzim dan dijaga pada suhu 75°C selama 40 menit untuk proses gelatiniasi. Pada proses tersebut suhu dinaikkan menjadi 90°C (proses likuifikasi). Kemudian didinginkan pada suhu 60°C. Pada substrat selulosa, sebanyak 1300g substrat selulosa (koran bekas) dicampur dengan 1650g asam sulfat dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 6 jam. Pada penelitian ini, proses fermentasi menggunakan *Sacchromyces ceverisiae* (2% dari substrat) menghasilkan etanol dengan *yield* masing-masing sebesar 42% (koran bekas) dan 63% (sampah makanan). Selanjutnya dengan menggunakan *fractional distillation* (distilasi bertingkat) maka perolehan etanol yang dihasilkan mampu mencapai 95%. Etanol yang dihasilkan sebanyak 0,86 liter dari 2,5 kg sampah organik dan sampah makanan. Oleh sebab itu produksi etanol dengan memanfaatkan limbah organik (koran bekas) dan sampah makanan dinilai lebih ekonomis.

Kim dkk (2008) melakukan penelitian dengan judul "*Statistical optimization of enzymatic saccharification and ethanol fermentation using food waste*". Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kondisi sakarafikasi enzimatik dan fermentasi etanol menggunakan sampah makanan menggunakan *Response surface methodology* (RSM) berdasarkan *central composite design* (CCD) dengan faktorial 2^3. Sampah makanan dicampur dengan air dengan rasio (1:1) dan dihaluskan menggunakan liquidzer. Fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 2% (v/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum proses sakarafikasi adalah pada pH 5.20, suhu reaksi enzim (46.3^{o}C) dengan konsentrasi 0.16% (v/v), pH fermentasi 6.85 dengan suhu 35.3^{o}C selama 14 jam. Model memprediksi bahwa konsentrasi optimum glukosa dan

etanol masing-masing adalah 117.0 g/L dan 57.6 g/L. Prediksi model hampir sama dengan hasil eksperimen yaitu 120.1 g/L dan 57.5 g/L.

Pada penelitian yang dilakukan Moon dkk (2009) dengan judul "*Enzymatic hydrolysis of food waste and ethanol fermentation*" bertujuan mengevaluasi potensi sampah makanan sebagai etanol melalui percobaan laboratorium. Percobaan dilakukan dengan menganalisis proses hidrolisis menggunakan enzim campuran (*amyloglucosidase* dan *carbohydrase*), proses batch fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (2% v/v) pada suhu 30°C dengan pH 4.5 (diatur menggunakan 3N NaOH) dan menggunakan pepton 2% (v/v) serta melakukan efek penggaraman. Hasil menunjukkan bahwa glukosa yang dihasilkan enzim campuran lebih tinggi dibandingkan dengan *amyloglucosidase* dan *carbohydrase* dengan nilai masing-masing yaitu 0.46 g/g of dry FW, 0.41 g/g of dry FW dan 0.35 g/g of dry FW selama 3 jam. Kandungan etanol tertinggi diperoleh sebanyak 0.23 g/g of dry FW selama 15 jam pada proses fermentasi menggunakan *S. cerevisiae* dan menggunakan enzim campuran. Pada efek garam fermentasi etanol, tidak ada perubahan pada parameter fermentasi sampai kadar garam 3% b/v.

Man dkk (2010) melakukan penelitian dengan judul" *Optimization of operational parameters for ethanol production from Korean food waste leachate*". Metode yang digunakan adalah *response surface methodology based* 2^3*-full factorial central composite* design untuk meningkatkan parameter produksi etanol dari sampah makanan (lindi) di Korea. Konsentrasi glukosa yang diperoleh sebesar 75 g/L menggunakan *dinitrosalicylic acid* pada pH 2 (diatur menggunakan 1N H_2SO_4). Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi etanol maksimum yang diperoleh sebesar 24.17 g/L berdasarkan kondisi optimum yaitu pada suhu 38ºC, pH (5.45) dan konsentrasi glukosa hidrolisat (75 g/L). Hasil eksperimen (24.17 g/L) mendekati hasil prediksi (23.66 g/L). Hal ini menunjukkan bahwa *response surface methodology* dalam meningkatkan kondisi optimum produksi etanol dari sampah makanan (lindi) di Korea adalah sesuai dan dapat diterapkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Su dkk (2010) mengenai "*Research on Biodiesel and Ethanol Production from Food Waste*". Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan produksi biodiesel dan bioetanol dari sampah makanan. Sintesis kimia digunakan untuk produksi biodiesel dari minyak sampah makanan dan fermentasi dipilih untuk produksi bioetanol dari bahan-bahan padat sampah makanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel dapat dihasilkan dari minyak sampah yang dicampur dengan *fatty acid methyl esters*. Komposisi biodiesel yang dihasilkan tersebut mirip dengan

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

komposisi biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku tradisional lainnya. Ini menunjukkan bahwa minyak sampah tersebut layak untuk dikembangkan. Selanjutnya, 100 gram sampah makanan yang dicampur dengan 50 mL air dengan fermentasi pada suhu 35°C selama 3 hari dengan menggunakan ragi (0,1% dari subsrat). Pada penelitian ini, perolehan minyak sampah (biodiesel) dan etanol dari 1 ton sampah makanan masing-masing sebesar 85 L dan 100 L. Produksi etanol dan biodiesel dari limbah makanan sebagian besar dapat menghemat biaya produksi serta memecahkan masalah polusi.

Hong dan Yoon (2011) melakukan penelitian mengenai " *Ethanol production from food residues*". Sampah makanan dikonversi menjadi etanol melalui *simultaneous saccharification* dengan menggunakan *amylolytic enzyme complex* (campuran dari *amyloglucosidase, a-amylase,* dan *protease*), dan fermentasi (SSF) dengan *yeast* (*Saccharomyces cerevisiae*) yang disimpan pada suhu 4°C. Fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 5% dari substrat pada suhu 30°C menggunakan nutrient pepton sebanyak 5 g/dm^3. Sekitar 36 g/dm^3 etanol dihasilkan dari 100 g/dm^3 sampah makanan dengan fermentasi selama 48 jam. Pada SSF tanpa menggunakan nitrogen, etanol yang mampu dihasilkan sebanyak 25 g/dm^3 dari 100 g dm^3 sampah makanan. Hasil ini menunjukkan bahwa sampah makanan bisa menjadi sumber daya hayati dengan ekonomi yang baik untuk produksi etanol.

Penelitian yang dilakukan oleh Kim dkk (2011) mengenai "*Feasibility of producing ethanol from food waste*" dengan tujuan menganalisis kelayakan produksi bioetanol dengan memanfaatkan sampah makanan melalui fermentor skala-lab. Sampah makanan dihancurkan dan disimpan pada suhu 4°C. Hidrolisis enzim yang digunakan adalah *carbohydrase* dan mampu menghasilkan glukosa sebesar 0.63 g glukosa/g total solid. Hidrolisis enzim dan fermentasi etanol menggunakan *carbohydrase* dan *Saccharomyces cerevisiae* yang dilakukan dalam mode *batch*. Fermentasi dilakukan pada suhu 35°C dengan pH 4.5 selama 20 jam menggunakan nutrient pepton sebanyak 5 g/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Pada proses *separated hydrolysis and fermentation* (SHF), etanol yang dihasilkan sebesar 0.43 g etanol/g total solid, sedangkan pada proses *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF), etanol yang dihasilkan sebesar 0.31 g etanol/g total solids. Pada SHF, selama operasi *continuous* rata-rata volumetrik produksi etanol adalah 1.18 g/l h dengan etanol sebesar of 0.3 g etanol/g total solid. Sedangkan pada proses SSF rata-rata volumetrik produksi etanol adalah 0. 8 g/l h dengan etanol sebesar of 0.2 g etanol/g total solid.

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rakhmadani dkk (2011) melakukan penelitian mengenai "Studi Pemanfaatan Limbah Makanan Sebagai Bahan Penghasil Etanol untuk Biofuel Melalui Proses Hidrolisis pada Kecepatan Pengadukan dan Waktu Fermentasi yang Berbeda". Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi glukosa yang dihasilkan pada tahap hidrolisis dengan variasi pengadukan 100 rpm, 150 rpm dan 200 rpm dan pengaruh waktu fermentasi terhadap konsentrasi etanol dengan variasi waktu selama 18 hari dengan interval waktu selama 3 hari. Metode penelitian ini terdiri dari 2 tahap. Pertama, tahap uji pendahuluan yaitu mencampurkan sampah makanan dengan air (1:1) dan menentukan konsentrasi HCl dan ragi tape. Kedua, tahap pelaksanaan yang terdiri dari pelaksanaan hidrolisis, fermentasi, distilasi dan pengujian sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar etanol tertinggi didapatkan menggunakan HCL 7% pada pH 2, dengan kecepatan pengadukan 150 rpm menghasilkan kadar glukosa akhir yang paling tinggi mencapai 17,13% (b/v) dan pada proses fermentasi dengan penambahan ragi tape sebanyak 7 gram menghasilkan kadar etanol 45,11% pada hari ke-18 dengan pH optimum 4,5.

Yan dkk (2011) melakukan penelitian dengan judul "*Enzymatical hydrolysis of food waste and ethanol production from the hydrolysate*". Tujuan penelitian ini adalah menganalisis prospek penggunaan sampah makanan menjadi etanol sebagai bahan bakar. Parameter dalam menghasilkan glukosa menggunakan desain Plackett eBurman (*glucoamylase loud*, waktu, suhu dan pH) dan dioptimalkan menggunakan *four factor central composite design of response surface methodology*. Melalui *respons surface*, hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum dalam menghasilkan glukosa adalah menggunakan *glucoamylase loud* (142.2 u/g), pH 4.82, suhu 55°C, selama 2.48 jam menghasilkan hidrolisa atau glukosa (164.8 g/L). Hidrolisat limbah makanan digunakan untuk produksi etanol menggunakan fermentasi *Saccharomyces cerevisiae H058* sebanyak 2% (v/v) dengan nutrisi pepton sebanyak 2% (v/v) pda suhu 30°C dengan membandingkan proses non-steril dan steril. Hasilnya menunjukkan fermentasi non-steril tanpa menjalani perlakuan panas menghasilkan etanol yang lebih baik.

Pratama (2012) dalam Tugas Akhir yang berjudul "Simulasi Produksi Bioetanol Generasi Dua dari Bagas dengan Hidrolisis Asam Menggunakan Superpro Designer 5.5 dengan tujuan mengoptimisasi biaya proses produksi secara sederhana dan dapat dikembangkan dengan variasi metode dalam proses sehingga dapat dilihat tingkat efektivitas dari proses yang dilakukan. Metode yang digunakan ialah dengan hidrolisis

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

asam dalam pemecahan polimer gula yang kemudian difermentasi dengan *yeast* yang mengandung *Saccharomyces cereviseae* menggunakan simulasi software Superpro Designer 5.5 dan melakukan sensitivitas variabel untuk mengetahui variabel yang paling mempengaruhi keekonomian proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* bioetanol yang diperoleh dari bagas sebesar 23.27% dengan kapasitas 1,081 ton/yr dan dengan harga bagas $20/ ton maka didapat harga jual etanol sebesar $2.4/kg. Adapun biaya produksi per tahun sebesar $1.24/kg dengan IRR = 14.14 %. Melalui analisis sensitivitas, variabel harga jual bioetanol merupakan variabel yang paling sensitif.

Yan dkk (2012) melakukan penelitian mengenai "*Fed batch enzymatic saccharification of food waste improves the sugar concentration in the hydrolysates and eventually the ethanol fermentation by Saccharomyces cerevisiae H058*". Penelitian ini menggunakan hidrolisis enzim dan *Saccharomyces cerecisiae H058* pada proses fermentasi. Kondisi optimum *batch enzimatik* diperoleh melalui proses sakarifikasi dengan pH 4.5 (diatur menggunakan 3N NaOH dan 3N HCl) pada suhu 55°C. Pada penelitian ini, digunakan konsentrasi *glucoamylase* (120 u/g), konsentrasi *α-amylase* (10 u/g), dengan rasio *solid-liquid* yaitu 1:0.75 (w/w). Proses hidrolisis *Fed batch* dimulai dengan rasio *solid-liquid* yaitu 1:1 (w/w), dengan menambahkan *solid food waste* selama 2 jam untuk mendapatkan hasil akhir dengan rasio *solid-liquid* yaitu 1:0.5 (w/w). Setelah 4 jam bereaksi, diperoleh konsentrasi glukosa sebanyak 194.43 g/L dengan kemampuan enzimatik sebesar 93.12%. Pada fermentasi *batch* dan *fed batch* dengan hidrolisis enzimatik diperoleh konsentrasi gula pereduksi masing-masing sebesar 131.41 g/L dan 194.43 g/L dan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae H058* sehingga dihasilkan etanol sebanyak 62.93 g/L dan 90.72 g/L selama 48 jam.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, penelitian Akpan dkk (2008), Kim dkk (2008), Moon dkk (2009), Man dkk (2010), Rakhmadani dkk (2011), Yan dkk (2011) dan Yan dkk (2012) telah menunjukkan pemanfaatan limbah makanan menjadi bioetanol, akan tetapi penelitian ini masih skala laboratorium berupa eksperimen dengan menganalisis parameter-parameter yang mempengaruhi penelitian tersebut dan belum menunjukkan adanya aspek teknis dan ekonomi yang dapat diterapkan. Disisi lain, Su dkk (2010), Kim dkk (2011) serta Hong dan Yoon (2011) telah melakukan penelitian dalam memanfaatkan sampah makanan menjadi bioetanol, akan tetapi penelitian yang dilakukan hanya sebatas aspek teknis dan masih berupa lab-eksperimen. Penelitian yang dilakukan oleh Pratama (2012) yaitu melakukan simulasi software dalam mengoptimisasi biaya proses produksi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

bioetanol dari bahan baku bagas dengan melakukan sensitivitas variabel untuk mengetahui variabel yang paling mempengaruhi keekonomian proses, akan tetapi model yang digunakan masih sederhana dengan peralatan yang terbatas.

Berdasarkan kelemahan dari beberapa penelitian di atas dan beberapa penelitian yang mendukung, penulis menawarkan suatu metode dengan menggunakan pemodelan dan simulasi dalam memproduksi bioetanol dengan memanfaatkan sampah makanan yang selama ini hanya berupa eksperimen skala laboratorium dan belum menunjukkan adanya kelayakan dalam segi teknis dan ekonomi. Simulasi pada penelitian ini tidak hanya mengkaji dari aspek teknis tetapi juga melibatkan aspek ekonomi. Jika menggunakan pemodelan dan simulasi, maka penulis dapat melakukan percobaan pada situasi yang kompleks, hemat biaya, hemat waktu dan fokus pada karakteristik penting permasalahan dibandingkan dengan cara manual (*trial-and-error*) yang mahal dan menghabiskan waktu. Selain itu, pemodelan dan simulasi juga menyediakan metode analisis guna meramalkan kinerja sistem bahkan untuk sistem yang paling rumit, memberikan rancangan yang rinci, mengurangi risiko kegagalan serta meminimasikan risiko kerugian yang besar dan kesalahan fatal dalam kehidupan nyata. Pada penelitian ini, penulis juga akan menganalisis potensi energi listrik pada bioetanol agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pada generator set.

2.2 Sampah

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Pekanbaru Nomor 08 Tahun 2014, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan menurut Hadiwiyoto (dikutip oleh Hartono, 2012) sampah adalah sisa-sisa bahan yang telah mengalami perlakuan baik telah diambil bagian utamanya, telah mengalami pengolahan, dan sudah tidak bermanfaat, dari segi ekonomi sudah tidak ada harganya serta dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan kelestarian alam.

Berdasarkan peraturan tersebut di atas, sampah padat dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu sampah organik dan anorganik. Sampah organik adalah sampah yang mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah jenis ini dapat membusuk dan pembusukannya menghasilkan gas metana dan gas H_2S (bersifat racun bagi tubuh dan sangat bau sehingga mengganggu estetika). Sampah organik terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari sisa makanan,

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

kegiatan pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah anorganik adalah sampah yang berasal dari sumber daya yang tidak diperbaharui. Secara keseluruhan zat anorganik yang ada tidak dapat diuraikan oleh alam. Sampah jenis ini tidak dapat membusuk/sulit membusuk. Jenis sampah ini dapat berupa botol kaca, botol plastik, kaleng, kayu, tulang, dan kertas (kayu, tulang, kertas diuraikan dalam jangka waktu relatif lama karena pada dasarnya kayu, tulang, dan kertas merupakan sampah organik tapi cara penanganannya sama seperti sampah anorganik).

Ruang lingkup pengelolaan sampah dalam peraturan tersebut di atas, terdiri atas sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga dan sampah spesifik. Sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga seperti sisa bahan makanan, sisa pembungkus makanan dan pembungkus perabotan rumah tangga sampai sisa tumbuhan kebun dan sebagainya, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum dan/atau fasilitas lainnya. Contohnya adalah sampah buangan pasar dan tempat-tempat umum (warung, toko, dan sebagainya) termasuk sisa makanan, sampah pembungkus makanan dan pembungkus lainnya, sisa bangunan, sampah tanaman dan sebagainya. Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus seperti sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun.

Menurut Soemirat (dikutip oleh Indramawan, 2014), terdapat beberapa faktor penting yang mempengaruhi sampah. Pertama, jumlah penduduk yaitu semakin banyak penduduk semakin banyak pula sampahnya. Kedua, keadaan sosial ekonomi yaitu semakin tinggi keadaan sosial ekonomi masyarakat semakin banyak pula jumlah per kapita sampah yang dibuang tiap harinya. Ketiga, kemajuan teknologi akan menambah jumlah maupun kualitas sampah karena pemakaian bahan baku yang semakin beragam dan produk manufaktur yang semakin beragam dapat mempengaruhi jumlah dan jenis sampahnya.

Sampah makanan adalah makanan yang terbuang dan menjadi sampah. Di negara miskin dan berkembang, sebagian besar makanan terbuang dalam proses produksi dan pengolahannya karena proses yang belum efisien (Gustavson, 2011). Sampah organik dari daerah perkotaan merupakan biomassa yang berat keringnya diperkirakan mengandung 75% pati, hemiselulosa, dan selulosa (Suyitno, 2007) sedangkan sampah sisa makanan diperkirakan mengandung 15,96% glukosa, 12,58% pati dan 11,73% selulosa (Rakhmadani dkk, 2011) dengan pH kisaran 4.2-5.12 (Kim dkk, 2008; Moon dkk, 2009)

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

terdiri atas nasi, lauk-pauk, sayur-sayuran dan buah-buahan sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku etanol karena pati dan selulosa dapat diubah menjadi gula dengan proses hidrolisis yang selanjutnya dengan proses fermentasi akan diperoleh etanol (bioetanol).

Salah satu cara dalam mengangani sampah berdasarkan Peraturan Daerah Kota Pekanbaru Nomor 08 Tahun 2014 adalah menetapkan lokasi TPS, TPST dan/atau TPA. Tempat Penampungan Sementara yang selanjut disingkat TPS adalah tempat sebelum sampah diangkut ke tempat pendauran ulang, pengolahan dan/atau tempat pengolahan sampah terpadu. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu yang selanjutnya disingkat TPST adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilihan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah. Tempat Pemrosesan Akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan. TPA merupakan solusi termudah dan termurah dalam menangani sampah makanan, tetapi menyebabkan masalah lingkungan yang tertinggi diantaranya menjadi sarang serangga penyebar penyakit, bau, dapat mencemari air tanah, dan mampu menciptakan gas rumah kaca akibat dekomposisi bahan organik dari sampah makanan. Berbagai hewan dapat memakan makanan sisa yang dibuang manusia, tidak terkecuali hewan peliharaan dan hewan ternak. Meski demikian, tidak semua sisa makanan manusia cocok untuk hewan.

Menurut Suryono dan Budiman (dikutip oleh Bakar, 2014) ada beberapa metode dalam penanganan sampah seperti *reduce*, *reuse*, *recycling* dan *composting*. *Reduce* (mengurangi sampah) berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah seperti pembakaran. Reduksi atau disebut juga mengurangi sampah merupakan langkah pertama untuk mencegah penimbulan sampah di TPA. *Reuse* (menggunakan kembali) yaitu pemanfaatan kembali sampah secara langsung tanpa melalui proses daur ulang contohnya seperti kertas-kertas berwarna-warni dari majalah bekas dapat dimanfaatkan untuk bungkus kado yang menarik, pemanfaatan botol bekas untuk dijadikan wadah cairan misalnya spiritus, minyak cat. *Recycling* (mendaur ulang) adalah pemanfaatan bahan buangan untuk di proses kembali menjadi barang yang sama atau menjadi bentuk lain. *Composting* adalah suatu cara pengelolaan sampah secara alamiah menjadi bahan yang sangat berguna bagi pertanian dengan memanfaatkan kembali sampah organik dari sampah tersebut dengan hasil akhir berupa pupuk kompos yang tidak membahayakan penggunaannya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.1 Prediksi Jumlah Sampah

Dalam memprediksi jumlah sampah maka prediksi jumlah penduduk harus diperoleh terlebih dahulu. Prediksi jumlah penduduk adalah memperkirakan jumlah penduduk pada tahun yang akan datang dengan mengacu pada pertumbuhan jumlah penduduk pada tahun-tahun yang sebelumnya. Untuk memprediksikan jumlah penduduk pada tahun yang akan datang digunakan rumus metode persamaan geometrik, yaitu :

$$Pn = Pa\,(1+r)^n \qquad \text{(Aswadi, 2011)} \qquad (2.1)$$

Pn = Jumlah penduduk pada tahun n proyeksi

Pa = Jumlah penduduk pada tahun awal proyeksi

r = Rata-rata pertumbuhan penduduk pertahun (%)

n = Selang waktu proyeksi (tahun)

Adapun prediksi jumlah sampah adalah memperkirakan jumlah sampah pada tahun yang akan datang dengan mengacu pada pertambahan jumlah sampah pada tahun-tahun yang sebelumnya. Untuk memprediksikan jumlah sampah pada tahun yang akan datang digunakan regresi linier, yaitu:

$$Y = a + bX \qquad \text{(Aswadi, 2011)} \qquad (2.2)$$

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \qquad \text{(Wibowo, 2011)} \qquad (2.3)$$

$$b = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \qquad \text{(Wibowo, 2011)} \qquad (2.4)$$

di mana,

X = Variabel *predictor* atau variabel faktor penyebab (*Independent*). Dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk tahun prediksi

Y = Variabel *response* atau variabel akibat (*Dependent*). Dalam penelitian ini adalah jumlah sampah tahun prediksi

X_i = Jumlah penduduk tahun sebelumnya

Y_i = Jumlah sampah tahun sebelumnya

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan) atau besaran *Response* yang ditimbulkan oleh *Predictor*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.3 Etanol

Etanol (etil alkohol) adalah salah satu senyawa alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH yang berupa cairan tidak berwarna, jernih, mudah menguap, memiliki bau yang sangat halus, dan mudah terbakar (Perdana, 2011). Terdapat dua jenis etanol, yaitu etanol sintetis dan etanol rekayasa. Etanol sintetis merupakan hasil dari proses kimia yang disebut hidrasi dan terbuat dari etilen (salah satu derivat minyak bumi). Etanol sintetis disebut *metanol* atau *metil alkohol*. Etanol rekayasa merupakan rekayasa biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi) dan hasilnya disebut sebagai bioetanol (Damayati, 2008).

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok yaitu etanol berhidrat (etanol 95-96% v/v) dan etanol *unhidrat* (etanol > 99.6% v/v) (Susilo, 2009). Etanol berhidrat digunakan untuk minuman keras atau bahan baku obat dalam industri farmasi sedangkan etanol *unhidrat* atau yang disebut *fuel grade ethanol* (FGE) adalah etanol yang digunakan sebagai bahan bakar dan dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin) baik dalam bentuk campuran atau murni karena memiliki angka oktan yang tinggi. Jika nilai bilangan oktan semakin tinggi maka bahan bakar semakin tahan untuk tidak terbakar sendiri sehingga menghasilkan kestabilan proses pembakaran dengan memperoleh daya dan emisi gas buang yang tidak begitu berbahaya bagi lingkungan. Campuran bioetanol 3% saja mampu menurunkan emisi karbon monoksida menjadi hanya 1,35% (Aisyah dan Sembiring, 2010; dikutip oleh Amalia, 2014). Perbandingan sifat etanol dengan bensin dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Perbandingan sifat etanol dengan bensin

Property	Ethanol	Gasoline
Chemical formula	C_2H_5OH	C_4 sd C_{10}
Composition % weight		
Carbon	52.2	85 – 88
Hydrogen	13.1	12 -15
Oxygen	34.7	0
Octane Number		
Research Octane	108	90 - 100
Motor Octane	92	81 - 90
Density (lb/gal)	6.61	6.0 – 6.5
Boiling temp. (◦ F)	172	80 – 437
Freezing Point (º F)	- 173.22	- 40
Flash Point (º F)	55	- 45
Auto Ignition Temp. (º F)	793	495
Heating value		
Higher (Btu/gal)	84 100	124 800
Lower (Btu / gal)	76 000	115 000
Spesific heat Btu/lb ºF	0.57	0.48
Stoichiometric air/ fuel, weight	9	14.7

Sumber : U.S. Department of Energy (2016)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Terdapat beberapa cara penggunaan etanol untuk campuran gasolin (Helmy, 2012) sebagai berikut :

1. *Hydrous ethanol* (95% volume), yaitu etanol yang mengandung sedikit air. Campuran ini digunakan langsung sebagai pengganti gasolin dengan mesin yang sudah dimodifikasi.
2. *Anhydrous ethanol* (atau *dehydrated ethanol*), yaitu etanol bebas air dan paling tidak memiliki kemurnian >99,5%. Pada gasolin dengan campuran etanol antara 5-10%, bahan bakar ini dapat langsung digunakan pada mesin tanpa perlu ada modifikasi. Campuran yang umum digunakan adalah 10% etanol dan 90% gasolin (dikenal dengan nama E10).

2.3.1 Bioetanol

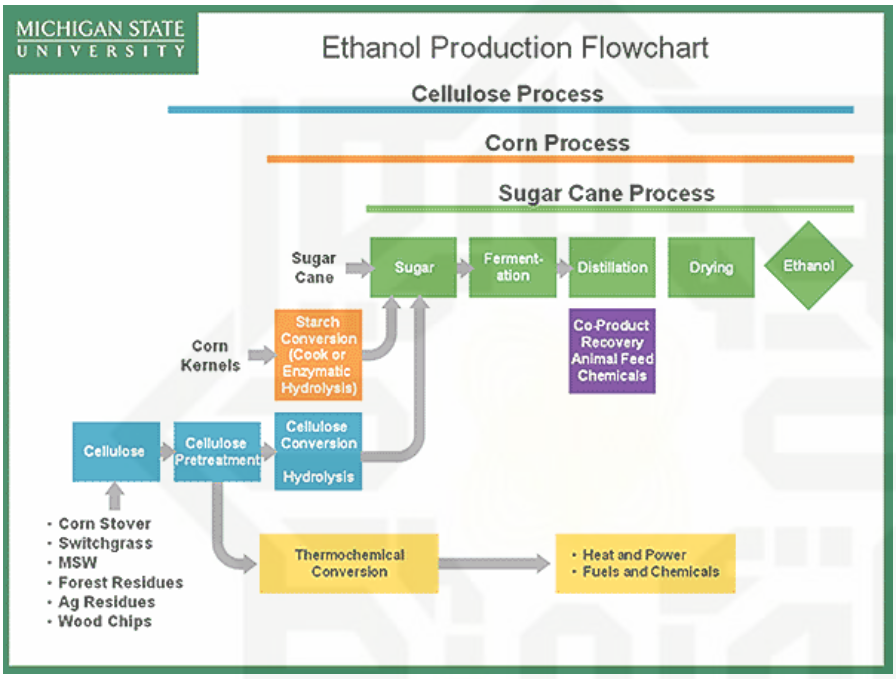
Menurut Prihandana dkk (2011) bioetanol adalah etanol yang dibuat dari proses fermentasi yang mengandung komponen gula, pati dan selulosa yang dapat dihasilkan oleh beberapa tanaman, yaitu:

1. Bahan berpati, seperti ubi kayu atau singkong, tepung sagu, biji jagung, biji shorgum, kentang.
2. Bahan bergula, seperti molases (tetes tebu), nira tebu, nira kelapa, nira batang sorghum manis, nira aren (enau), nira nipah.
3. Bahan berselulosa, seperti limbah *logging*, limbah pertanian (jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung, onggok), batang pisang, serbuk gergaji.

Secara umum Hambali (dikutip oleh Perdana, 2011) menjelaskan bahwa terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan bioetanol, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap hidrolisis, tahap fermentasi kemudian tahap pemurnian. Tahap persiapan bahan baku proses produksi bioetanol masing-masing bahan berbeda perlakuannya. Bahan bergula tidak melalui proses perlakuan awal karena sudah terdapat kandungan gula yang sudah dapat dilakukan proses fermentasi. Bahan berpati dan selulosa harus melalui proses hidrolisis terlebih dahulu dengan menggunakan asam atau enzim agar dapat diubah menjadi gula (glukosa). Pada bahan berlignoselulosa (lignin dan selulosa) terdapat perlakuan awal (*pretreatment*) yaitu dengan menghilangkan kandungan lignin (komponen penyusun kayu) yang dapat menghambat proses degradasi polisakarida menjadi gula-gula sederhana. Terdapat tiga proses perlakuan awal (*pretreatment*), yaitu yang secara biologi, kimia, dan fisik/mekanis. Semakin banyak kandungan lignin suatu jenis kayu maka

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

semakin banyak bahan kimia yang digunakan untuk melarutkan lignin sehingga akan diperoleh selulosa dan selanjutnya dihidrolisis menjadi glukosa. Tahap berikutnya adalah pemurnian bioetanol yang dilakukan dengan metode distilasi. Distilasi dilakukan pada suhu di atas titik didih etanol murni yaitu pada kisaran 78-100°C. Produk yang dihasilkan pada tahap ini memiliki kemurnian hingga 96%. Etanol hasil destilasi kemudian dikeringkan melalui metode purifikasi untuk meningkatkan kemurnian etanol hingga memenuhi spesifikasi bahan bakar atau untuk keperluan industri.



Gambar 2.1. *Ethanol Production Flowchart*

(Sumber: Cate, 2016)

2.3.2 Konversi Energi Bioetanol dan Pemanfaatannya

Menurut Pham dkk (dikutip oleh Samudro dkk, 2014), *rule of thumb* dari 1 kg glukosa dapat dikonversi menjadi 1,06 kg COD, 4,41 kWh, 13.10^{6} coulomb, 0,5 liter etanol, 1,2 m^{3} hidrogen, 0,36 m^{3} gas methan dan 0,5 liter biogas. *Rule of thumb* ini dipergunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan, operasi dan pembiayaan teknologi konversi biomassa, serta konservasi energi. Agar etanol dapat digunakan pada generator set tanpa perlu ada modifikasi mesin maka etanol yang digunakan adalah *Anhydrous ethanol* (E10) dengan kemurnian >99,5%. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Adelekan (n.d.) bahwa E10 dapat digunakan pada generator set tanpa kendala dengan performa yang sama seperti penggunaan gasolin dibandingkan penggunaan E20 yang masih dalam tahap pengembangan (lihat Lampiran A). Untuk mengetahui pemanfaatan bioetanol menjadi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

energi listrik terutama dalam penggunaan generator set maka kandungan energi pada bahan bakar etanol harus diketahui terlebih dahulu. Nilai energi (BTU/gal) dapat dilihat pada Tabel 2.2. Kandungan energi pada bahan bakar tersebut berdasarkan *Lower Heating Values* yang dikutip dari *Transportation Energy Data Book Edition 34* (U.S. Department of Energy, 2016). Selain itu, potensi energi listrik dari nilai energi tersebut juga dapat diketahui (1 BTU = 0,000293071 kWh).

Tabel 2.2. Perbandingan kandungan energi bahan bakar

Lower Heating Values	
Fuel	Lower Heating Value
Gasoline (E0)	115,400 BTU/gal
Gasoline (E10)[9]	114,300 BTU/gal
Diesel	128,700 BTU/gal
Biodiesel (B100)	117,100 BTU/gal
Compressed Natural Gas (CNG)[10]	114,300 BTU/GGE
Ethanol (E100)	75,700 BTU/gal
Propane	83,500 BTU/gal

Sumber : U.S. Department of Energy (2016)

Untuk mengetahui perbandingan harga dari penggunaan E-10 dan gasolin maka nilai GGE pada bioetanol harus diketahui terlebih dahulu. *Gasoline Gallon Equivalent* (GGE) atau Galon Setara Bensin atau Liter Setara Premium (LSP) adalah jumlah bahan bakar alternatif yang kandungan energinya ekuivalen dengan kandungan energi dalam satu galon cairan bensin. GGE memungkinkan konsumen untuk membandingkan kandungan energi bahan bakar terhadap bahan bakar bensin yang biasa. Adapun rumus dari GGE sebagai berikut (U.S. Department of Energy, 2016).

$$\text{Faktor Konversi} = \frac{\text{BTU/gal of gasoline}}{\text{BTU/gal of alternative fuel}} \tag{2.5}$$

GGE juga disebut sebagai faktor konversi yang digunakan untuk mengetahui harga dari *dollars per gasoline gallon equivalent* ($/GGE).

2.4 Hidrolisis

2.4.1 Pati

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks, tidak larut dalam air dingin, berwujud bubuk, tawar dan tidak berbau. Pati tersusun dari dua macam karbohidrat yaitu amilosa dan amilopektin dalam komposisi yang berbeda-beda. Pati merupakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

homopolimer glukosa dengan ikatan α-glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa memiliki struktrur lurus yang dominan dengan ikatan α-(1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan α-(1,6)-D-glukosa (Winarno, 2004; dikutip oleh Sari, 2009).

Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Rindit, 1998; dikutip oleh Devita, 2013). Pati dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan zat penghidrolisis berupa air dan katalisator. Reaksi antara air dan pati berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator yang dapat digunakan yaitu asam dan enzim. Asam yang umumnya digunakan untuk hidrolisis pati adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), dan asam fosfat (H_3PO_4) (Artati dkk, 2012). Sedangkan hidrolisis enzim dilakukan menggunakan bantuan enzim α-*amylase* dan enzim *glukoamylase (amyloglukosidase)*. Katalis asam memotong rantai pati secara acak sehingga *yield* glukosa yang dihasilkan rendah. Adapun pada penggunaan katalis enzim akan menghasilkan *yield* glukosa yang lebih tinggi dibanding katalis asam karena rantai pati dipotong secara spesifik (Rahmayanti, 2010), namun agar enzim dapat beraktivitas secara optimal maka dibutuhkan penyesuaian pH (3,5-6) dengan penambahan asam.

Enzim *α-amylase* digunakan pada proses likuifikasi, Enzim *α–amylase* bekerja menghidrolisis ikatan α-1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin. Enzim α-amilase yang digunakan berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, ragi dan kapang. Salah satu kapang yang mampu menghasilkan α-amilase dalam jumlah besar ialah *Aspergillus niger*. Sedangkan *glukoamylase* digunakan pada proses sakarifikasi. Enzim gluko-amilase merupakan enzim ekstraseluler yang mampu menghidrolisis ikatan α-1,4 pada rantai amilosa, amilopektin, glikogen, dan pullulan. Enzim glukoamilase juga dapat menyerang ikatan α-1,6 pada titik percabangan, walaupun dengan laju yang lebih rendah. Hal ini berarti bahwa pati dapat diuraikan secara sempurna menjadi glukosa (Melliawati, 2006; dikutip oleh Bandjar, 2015). Persamaan reaksi yang terjadi dalam hidrolisis pati secara enzim (Helmy, 2012) adalah sebagai berikut:

$$\text{Likuifikasi : } \underset{\text{Pati}}{(C_6H_{10}O_5)_{2n}} + nH_2O \xrightarrow{\text{alfa-amilase}} \underset{\text{Maltosa}}{n(C_{12}H_{22}O_{11})} \qquad (2.6)$$

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

$$\text{Sakarafikasi : } \underset{\text{Maltosa}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{gluko-amilase}} \underset{\text{Glukosa}}{2C_6H_{12}O_6} \quad (2.7)$$

Adapun pada penggunaan katalisator asam, sejumlah pati terlebih dahulu diasamkan sampai sekitar pH 2, kemudian dipanaskan dengan menggunakan uap dalam suatu tangki bertekanan yang disebut konverter hingga suhu 120-140°C (Tjokroadikoesoemo, 1986; dikutip oleh Sari, 2009).

Tabel 2.3. Perbandingan proses hidrolisis dengan katalis asam dan enzim

No.	Faktor Pemilihan	Hidrolisis		
		Katalis Asam	Katalis Enzim	
			Tahap 1 (Likuifikasi)	Tahap 2 (Sakarifikasi)
1.	Kondisi operasi a. Tekanan (atm) b. Suhu (^{o}C) c. pH	 4 120-140* 2*	 1 90 6	 1 60 4.5
2.	Konversi (%)	55	95.14	97
3.	Biaya perawatan	Mahal	Murah	
4.	Investasi	Lebih kecil	Lebih besar karena membutuhkan biaya pengembangbiakan bakteri*	
5.	Selektivitas	Lebih kecil	Lebih besar	

Sumber : Wibawa (2014); *Sari (2009)

Penggunaan katalis asam memerlukan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan katalis enzim, tetapi kondisi operasinya relatif lebih tinggi jika dilihat dari tekanan dan suhu dibanding katalis enzim sedangkan pada pH-nya lebih rendah. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa asam sekitar 1 hingga 3 jam (Osvaldo dkk, 2012) sedangkan hidrolisis enzim membutuhkan waktu 24 jam (Huang, 2015; Seftian dkk, 2012) bahkan 4 hari (Sari dkk, 2013). Selain itu, metode hidrolisis secara asam lebih sederhana, tanpa harus melalui beberapa tahapan seperti pada hidrolisis secara enzimatis, teknologi yang lebih sederhana, pengaturan kondisi proses yang lebih mudah, serta biaya yang lebih

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

murah karena tidak melibatkan enzim (Sari, 2009). Komponen biaya enzim dapat mencapai 53-65% dari biaya bahan kimia, dan biaya bahan kimia sekitar 30% dari biaya total (Hermiati, 2010).

Tabel 2.4. Harga katalis

No.	Nama	Rp/unit
1.	Asam klorida (HCl)	Rp. 27.542/kg
2.	Asam sulfat	Rp. 24.728/kg
3.	Enzim *alfa-amylase* *	Rp. 673.500/kg - Rp. 1.010.250/kg
4.	Enzim selulase *	Rp. 282.270/kg - Rp. 336.750/kg

Sumber: Alibaba (2016); *Phy Edumedia (2014)

Adapun kekurangan pemakaian asam dapat menyebabkan korosi peralatan. Persamaan reaksi yang terjadi dalam hidrolisis pati secara asam adalah sebagai berikut (Retno, 2009; dikutip oleh Devita, 2013):

$$\underset{\text{Pati}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{Asam}} \underset{\text{glukosa}}{n(C_6H_{12}O_6)} \qquad (2.8)$$

2.4.2 Selulosa

Selulosa merupakan senyawa organik dengan rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$, sebuah polisakarida yang terdiri dari rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β-1,4 glikosidik dari beberapa ratus hingga lebih dari sepuluh ribu ikatan (Liliana dan Afriani, 2015). Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Limbah sayur-sayuran dan buah-buahan dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku bioetanol karena mengandung holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) yang dapat diubah menjadi glukosa melalui proses hidrolisis yang selanjutnya dengan proses fermentasi akan dihasilkan bioetanol (Irawan, 2010; dikutip oleh Hasanah, 2015). Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa dan lignin membentuk ikatan lignoselulosa dan kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapple, 1993; dikutip oleh Ciptasari, 2015) seperti kayu dan jerami padi. Dalam produksi bioetanol, kehadiran lignin dapat menghambat proses degradasi polisakarida menjadi gula-gula sederhana dan lignin tidak dapat diubah menjadi glukosa. Oleh karena itu, lignin terlebih dahulu dihilangkan dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan perlakuan pendahuluan (Bruce dan Palfreyman, 1998; dikutip oleh Daud, 2009). Pada hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana yaitu glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, *xilosa* dan arabinosa (Mosier, 2005; dikutip oleh Ciptasari, 2015).

Hidrolisis selulosa dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik (Seftian dkk, 2012). Hidrolisis enzimatis yaitu hidrolisis dengan bantuan enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu. Selulase merupakan enzim yang dapat memutuskan ikatan β-1,4 glikosidik di dalam selulosa untuk menghasilkan oligosakarida maupun glukosa. Hidrolisis selulosa secara enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisis dengan asam (Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000; dikutip oleh Ciptasari, 2015). Proses *recycle* dan *recovery* enzim selulase diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi (Ciptasari, 2015), namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal daripada asam, prosesnya membutuhkan waktu yang lebih lama dan kerja enzim dihambat oleh produk. Di sisi lain harga enzim saat ini lebih mahal daripada asam sulfat (Sanchez dan Cardona, 2007; dikutip oleh Hermiati, 2010). Ditinjau secara proses, hidrolisis secara enzimatis kurang praktis sehingga tidak cocok untuk skala kecil karena agak sulit diterapkan kepada masyarakat umum, selain itu investasi yang diperlukan besar.

Hidrolisis dengan asam adalah hidrolisis dengan bantuan asam sebagai katalis. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam (Taherzadeh and Karimi, 2008; dikutip oleh Osvaldo dkk, 2012). Hidrolisis selulosa dengan asam dibedakan menjadi dua yaitu hidrolisis dengan asam pekat dan asam encer.

Hidrolisis dengan asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisis dengan asam encer dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Hamelinck dkk, 2005; dikutip oleh Ciptasari, 2015). Hidrolisis dengan asam pekat dapat dilakukan pada suhu rendah, namun konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30–70%). Proses ini juga sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan metal yang mahal dan tahan korosi atau dibuat secara khusus. *Recovery* asam juga membutuhkan energi yang besar. Hidrolisa asam pekat juga membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang

Hak Cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tinggi, (Taherzadeh dan Karimi, 2007; dikutip oleh Osvaldo dkk, 2012). Disisi lain hidrolisis dengan asam encer memiliki kelebihan dalam perawatan yaitu lebih murah dibandingkan dengan hidrolisis asam pekat dikarenakan konsentrasi asam yang digunakan lebih rendah sehingga sifat korosifnya juga lebih rendah. Selain itu, keuntungan utama penggunaan asam encer adalah reaksinya yang cepat sehingga mempercepat proses berikutnya. Kelemahan dari hidrolisis dengan asam encer adalah degradasi gula hasil di dalam reaksi hidrolisis karena proses hidrolisis dengan asam encer memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi *recovery* gula, yaitu hanya sebesar 50%. Hal ini dikarenakan pada proses degradasi gula terjadi pembentukan produk yang tidak diinginkan seperti *furfural* yang merupakan bahan kimia yang digunakan dalam industri plastik. *Furfural* ini dapat mematikan mikroorganisme yang melakukan proses fermentasi. Degradasi gula dan produk samping ini tidak hanya akan mengurangi hasil panen gula, tetapi produk samping juga dapat menghambat pembentukan etanol pada tahap fermentasi selanjutnya (Wibawa, 2014). Persamaan reaksi yang terjadi dalam hidrolisis selulosa secara asam adalah sebagai berikut (Retno, 2009; dikutip oleh Devita, 2013):

$$\underset{\text{Selulosa}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{Asam}} \underset{\text{Glukosa}}{n(C_6H_{12}O_6)} \qquad (2.9)$$

Berdasarkan hal tersebut, penggunaan katalis asam lebih dipilih dibandingkan katalis enzim karena proses katalis asam lebih cepat dibandingkan katalis enzim. Selain itu biaya yang digunakan untuk hidrolisat enzim lebih besar dibandingkan hidrolisat asam. Asam yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) karena merupakan asam yang paling banyak dimanfaatkan dalam proses hidrolisis. Hal ini juga didukung berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2009) bahwa glukosa dan kadar etanol yang dihasilkan oleh hidrolisat asam H_2SO_4 lebih tinggi dibandingkan HCl. Alasan lainnya adalah sampah makanan mengandung pati dan selulosa sehingga pada proses hidrolisis diperlukan 2 jenis enzim yang berbeda yaitu amilase (pati) dan selulase (selulosa). Hal ini mengakibatkan penggunaan 2 enzim sehingga akan menambah biaya yang diperlukan. Oleh sebab itu, hidrolisis yang tepat adalah menggunakan asam karena hidrolisis pati dan selulosa dapat menggunakan satu jenis asam yang sama.

2.5 Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi bioetanol dari gula sederhana dengan menggunakan mikroba (Ingram dkk, 1997; dikutip oleh Daud, 2010). Proses ini tidak

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

membutuhkan oksigen, melainkan khamir yang melakukannya, maka fermentasi etanol digolongkan sebagai respirasi anaerob (tanpa oksigen). Beberapa mikroba yang dapat digunakan pada proses fermentasi adalah *Saccharomyces cereviciae*, *Pichia stipitis*, *Pachysolen tannophilus* dan *Zymomomas mobilis*. Dalam bidang industri, *Saccharomyces cereviciae* merupakan khamir yang banyak dikembangkan karena sangat tahan dan toleran terhadap etanol yang tinggi yaitu 12-18% v/v (Domingues dkk, 1999; Jeppsson dkk, 2005; dikutip oleh Daud, 2010), tahan pada kadar gula yang cukup tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi dengan aktivitas optimum pada suhu 24-35°C dan tidak aktif pada suhu lebih dari 40°C. Khamir *Saccharomyces cerveiciae* dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa, fruktosa, manosa, maltosa serta rafinosa (Kunkee dan Mardo, 1970; dikutip oleh Daud, 2010) kecuali pentosa seperti xilosa dan arabinosa. *Pichia stipitis* dan *Pachysolen tannophilus* dikenal sebagai ragi yang mampu memfermentasi pentosa, tetapi mereka tidak begitu toleran terhadap etanol yang tinggi seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Selain *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomomas mobilis* adalah bakteri yang sangat baik untuk memfermentasi berbagai gula seperti glukosa, fruktosa dan sukrosa menjadi etanol. Hasil fermentasi dan tingkat fermentasi *Zymomomas mobilis* lebih baik daripada *Saccharomyces cerevisiae*, tetapi *Zymomomas mobilis* tidak begitu toleran terhadap etanol yang tinggi sebagaimana *Saccharomyces cerevisiae* (Yokoyama, 2008).

Biakan *Saccharomyces cerveiciae* mempunyai kecepatan fermentasi optimum pada pH 4.48 (Harrison dan Graham, 1970; dikutip oleh Daud, 2010). Selama proses fermentasi, *yeast* (khamir) akan mengubah glukosa hasil hidrolisis menjadi etanol sampai kandungan etanol dalam tangki mencapai 8 sampai dengan 12% (biasa disebut dengan cairan *beer*), dan selanjutnya ragi tersebut akan menjadi tidak aktif karena kelebihan etanol akan berakibat racun bagi ragi (Perdana, 2011). Tahap ini menghasilkan gas CO_2 sebagai produk samping dan *sludge* sebagai limbahnya serta senyawa ikatan lain seperti aldehida, amil alkohol, butil alkohol, ester, propil alkohol dan alkohol tingkat tinggi (minyak fusel) (Paturau, 1982; dikutip oleh Susilo, 2009). Senyawa ikatan tersebut harus dipisahkan dari etanol sampai pada batas-batas tertentu untuk mencapai tingkat mutu yang baik (Saraswati, 1985; dikutip oleh Susilo, 2009). Reaksi yang terjadi dalam fermentasi alkohol (Helmy, 2012) adalah sebagai berikut.

$$\underset{\text{Glukosa}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\textit{Saccaromyces cereviceae}} \underset{\text{Etanol + Karbondioksida + (Energi=118 kJ per mol)}}{2\,C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP} \qquad (2.10)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Saccaromyces cereviceae menghasilkan enzim *zimase* dan *invertase.* Fungsi enzim *invertase* adalah untuk memecah sukrosa atau polisakarida (pati) yang belum terhidrolisis untuk diubah menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Sedangkan enzim *zimase* selanjutnya mengubah monosakarida menjadi etanol dengan proses fermentasi. Berikut persamaan reaksinya (Helmy, 2012):

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\textit{Invertase}} 2\ C_6H_{12}O_6 \qquad (2.11)$$

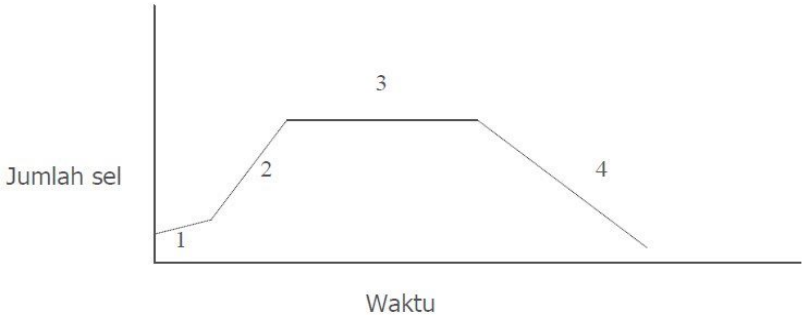
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\textit{Zymase}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 \qquad (2.12)$$

Ragi (*starter*) merupakan inokulum yang ditambahkan ke dalam suatu substrat sehingga substrat tersebut akan mengalami fermentasi. Pada umumnya, ragi yang digunakan seperti ragi tape dan tempe mengandung lebih dari satu jenis mikroorganisme, baik khamir, kapang, maupun bakteri. Sedangkan ragi roti hanya mengandung *Saccharomyces cerveiciae* dan tidak memiliki mikroba lain di dalamnya. Konsentrasi ragi yang diberikan kurang dari kadar optimal maka akan mengurangi kecepatan fermentasi karena sedikitnya masa yang menguraikan menjadi bioetanol, sedangkan jika konsentrasi ragi terlalu tinggi maka substrat tidak cukup untuk menguraikan sehingga kecepatan fermentasi menurun (Restu, 2013; dikutip oleh Hasanah, 2015). Berikut adalah proses fermentasi etanol (Yokoyama, 2008).

$$\underset{100\ g}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{51.14\ g}{2C_2H_5OH} + \underset{48.86\ g}{2CO_2} \qquad (2.13)$$

Setiap mol glukosa terfermentasi menghasilkan dua mol etanol, CO_2 dan energi (ATP). Secara teoritis, *strain* ragi menghasilkan 51,14 g etanol dari 100 g glukosa menurut persamaan (2.7). Dalam reaksi ini hampir 50% berat glukosa hilang sebagai karbon dioksida, tetapi sekitar 91% dari energi yang terkandung dalam glukosa (2,872 MJ/mol) dipertahankan dalam etanol. Oleh karena itu, fermentasi etanol adalah proses biologis yang sangat baik untuk mengonversi biomassa menjadi bahan bakar etanol. Khamir mempunyai kurva pertumbuhan tertentu, dengan adanya kurva pertumbuhan ini maka dapat diketahui waktu yang tepat untuk memasukkan khamir ke dalam substrat yang akan difermentasi (Yokoyama, 2008).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Khamir

(Sumber: Sari, 2010)

Pada fase pertama, khamir masih dalam tahap pemindahan dan belum mengadakan pembiakan dan disebut fase adaptasi. Pada fase kedua, jumlah khamir mulai bertambah banyak sedikit demi sedikit yang mana dalam fase ini sel-sek tampak lebih gemuk. Dan langsung disusul oleh fase pembiakan cepat. Dalam fase ini disebut sebagai fase log. Pada fase ini khamir berkembang biak dengan cepat. Fase ini merupakan fase yang sangat baik untuk menjadikannya sebagai inokulum. Pada fase ketiga, khamir mulai dalam fase stagnant yaitu di mana khamir kecepatan berkembang biaknya berkurang, sehingga jumlah bakteri yang mati sama dengan jumlah bakteri yang berkembang biak. Dengan demikian, kurva menunjukkan garis yang horizontal. Pada fase keempat karena berbagai faktor baik keadaan medium yang memburuk, perubahan pH, atau karena bertumpuk-tumpuknya zat kotoran, maka jumlah bakteri yang mati semakin banyak dan makin melebihi jumlah bakteri yang membelah diri, sehingga grafiknya menunjukkan keadaan menurun. Fase itu disebut fase Kematian (Dwidjoseputro,1990; dikutip oleh Sari, 2010).

2.6 Parameter Proses Fermentasi

2.6.1 Nutrisi

Pada proses fermentasi, mikoroorganisme sangat memerlukan nutrisi yang baik agar dapat diperoleh hasil fermentasi yang baik. Nutrisi yang tepat untuk menyuplai mikroorganisme adalah nitrogen yang mana dapat diperoleh dari penambahan NH_3, garam amonium, pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400-1000 gram/1000 L cairan. Phospat yang dibutuhkan sebesar 400 gram/1000 L cairan (Soebijanto, 1986; dikutip oleh Sari, 2010). Nutrisi yang lain adalah amonium sulfat dengan kadar 70-400 gram / 100 liter cairan (Judoamidjojo,1992; dikutip oleh Sari, 2010).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.6.2 Suhu

Menurut Hidayat dkk (dikutip oleh Sari, 2009), suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan khamir adalah 28–30°C, sebab pada temperatur tersebut enzim yang dihasilkan oleh mikroba *Saccharomyces cereviceae* dapat melangsungkan aktivitasnya dengan baik. Di atas suhu tersebut protein dan enzim yang dihasilkan mikroba akan menurun karena mengalami denaturasi yang mengakibatkan terhentinya proses metabolisme (Hidayat dkk, 2006; dikutip oleh Sari, 2009). Selain itu, suhu yang terlalu tinggi juga menyebabkan pembentukan asam asetat yang bersifat racun. Sedangkan di bawah temperatur 24°C reaksi fermentasi etanol akan berlangsung lambat dan tidak ekonomis (Kusuma, 2010).

2.6.3 Waktu

Untuk memperoleh hasil fermentasi yang sempurna diperlukan waktu sekitar 4-20 hari (Osvaldo dkk, 2012). Menurut Paturau (dikutip oleh Sari, 2009) bahwa fermentasi etanol memakan waktu antara 30–72 jam. Adapun menurut Presscot dan Dunn (dikutip oleh Sari, 2009) bahwa waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi etanol antara 3-7 hari.

2.6.4 pH

Aktifitas enzim yang dihasilkan mikroba sangat dipengaruhi oleh pH dari medium fermentasi. Aktifitas enzim terletak pada trayek pH tertentu dan mempunyai pH optimal. Di luar pH optimal, enzim akan bekerja lebih lambat. Khamir tumbuh dan efisien untuk fermentasi etanol pada kisaran pH 3,5–6,0. Sementara pH optimum untuk proses fermentasi etanol adalah antara 4,0–5,0. Menurut Frazier dan Westhoff (dikutip oleh Sari, 2009) bahwa pada pH di bawah 3,0 dan di atas 6,0 khamir tidak dapat tumbuh dengan baik, sehingga proses fermentasi akan berkurang kecepatannya. Untuk enzim yang melangsungkan fermentasi etanol, pH optimalnya adalah 4,5 (Kusuma, 2010). Untuk mengatur pH dapat menggunakan NaOH (menaikkan pH) dan HNO_3 (menurunkan pH) dalam satuan M (Molaritas) atau N (Normalitas).

Adapun jumlah massa (kg) yang berasal dari Normalitas (N) dapat diketahui dari persamaan Normalitas. Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan dengan satuan N. Satuan tersebut merupakan satuan konsentrasi yang sudah memperhitungkan kation atau anion yang dikandung sebuah larutan. Adapun persamaan Normalitas (N) (Muniroch, 2010) yaitu:

$$N = \frac{m}{BE} \times \frac{1}{V} \text{ ; } BE = \frac{Mr}{a}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sehingga,

$$N = \frac{m}{Mr} \times \frac{1}{V} \times a \qquad (2.14)$$

dimana,

V = volume larutan (L)

Mr = molekul relatif

a = banyaknya atom H yang di lepas atau diterima

m = massa zat terlarut (gr)

2.6.5 Konsentrasi gula (*substrat*)

Semua substrat yang diubah menjadi produk memerlukan konsentrasi enzim tertentu untuk mendapatkan hasil etanol yang optimal. Hal ini berarti jumlah etanol optimal yang dihasilkan bergantung pada konsentrasi gula (substrat) yang akan diubah oleh asam dan enzim. Konsentrasi gula yang diperlukan untuk fermentasi adalah 10 sampai 18 % (Kusuma, 2010). Apabila konsentrasi gula terlalu tinggi maka aktivitas fermentasi akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lebih lama dan efisiensi menjadi lebih rendah karena tidak semua gula dikonversi menjadi etanol. Konsentrasi gula yang terlalu rendah menjadikan proses tidak ekonomis arena penggunaan fermentor tidak efisien.

2.6.6 Konsentrasi etanol

Seperti mikroba lainnya, *Saccharomyces cereviceae* tidak tahan terhadap konsentrasi etanol yang lebih besar dari 14% dan pada konsentrasi etanol 16% kegiatan *Saccharomyces cereviceae* sudah hampir tidak ada sehingga kecepatan fermentasi juga terhenti (Kusuma, 2010).

2.7 Distilasi

Distilasi adalah proses pemurnian yang dilakukan untuk memisahkan etanol dari air melalui metode pemisahan campuran cairan yang saling melarut berdasarkan perbedaan tekanan uap murni atau perbedaan titik didih masing-masing komponen yang terdapat dalam campuran (Hargono, 2013). Titik didih etanol adalah 78°C dan titik didih air adalah 100°C sehingga dengan pemanasan pada suhu 78°C dengan metode distilasi maka etanol dapat dipisahkan dari campuran etanol-air . Melalui distilasi, pemanasan alkohol pada suhu rentang 78-100°C akan mengakibatkan etanol menguap dan melalui unit kondensasi akan menghasilkan etanol hingga mencapai 95% (Wahyudi, 2010), akan tetapi distilasi untuk memisahkan etanol dari air hanya dapat mencapai komposisi kurang dari komposisi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

azeotropnya, yaitu 95,63% (w/w) (Maiorella, 1983; dikutip oleh Hargono, 2013). Azeotrop adalah campuran dari dua atau lebih komponen yang memiliki titik didih yang konstan. Ketika campuran azeotrop dididihkan, fasa uap yang dihasilkan memiliki komposisi yang sama dengan fasa cairnya. Campuran azeotrop ini sering disebut juga *constant boiling mixture* karena komposisinya yang senantiasa tetap jika campuran tersebut dididihkan (Susilo, 2009).

Residu atau sisa distilasi yang tertinggal dalam kolom bagian bawah dan masih bercampur dengan air disebut *stillage*. Residu tersebut masih banyak mengandung bahan-bahan organik yang tidak terfermentasikan. Jika *stillage* tidak dimanfaatkan sebagai hasil samping, bahan tersebut menjadi limbah yang harus ditangani lebih lanjut. Limbah tersebut mempunyai beban BOD (*Biological Oxygen Demand*) tinggi sampai 40.000 ppm (Ega, 2006).

2.8 Peralatan Proses Produksi Bioetanol

2.8.1 Reaktor

Reaktor adalah jantung dari proses kimia dan merupakan suatu tempat proses dimana bahan-bahan diubah menjadi produk dan perancangan reaktor untuk industri kimia harus mengikuti keperluan untuk beberapa faktor yaitu faktor kimia (reaksi kimia), faktor transfer panas, faktor transfer massa, faktor keselamatan (Sinnot, 2005). Ada tiga tipe pendekatan utama yang digunakan dalam pengoperasian reaktor (Sinnot, 2005; Perry, 2008), yaitu:

1. *Batch Reactor* adalah tempat terjadinya suatu reaksi kimia tunggal. Reaktor jenis ini biasanya sangat cocok digunakan untuk produksi berkapasitas kecil misalnya dalam proses pelarutan padatan, pencampuran produk, reaksi kimia, *batch distillation*, kristalisasi, polimerisasi, farmasi dan fermentasi.
2. *Continuous Reactor* merupakan reaktor yang beroperasi secara terus-menerus dimana reaktan akan terus mengalir dan diikuti reaksi di sepanjang reaktor. Salah satu jenis reaktor kontinu adalah *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) atau Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).
3. Reaktor *semi-batch* yaitu jenis reaktor yang berlangsung secara *batch* dan *kontinyu* secara bersamaan misalnya tangki fermentor, ragi dimasukkan sekali ke dalam tangki (secara *batch*), tetapi CO_2 yang dihasilkannya dikeluarkan secara kontinu.

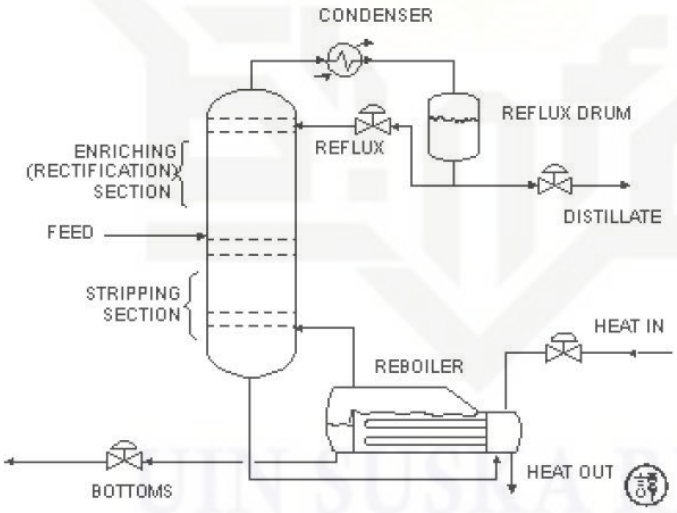
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.8.2 Distilator

Distilator (alat pada proses distilasi) yaitu sebuah proses dimana campuran dua atau lebih zat *liquid* atau *vapor* dipisahkan menjadi komponen fraksi yang murni, dengan pengaplikasian dari perpindahan massa dan panas. Sebuah sistem distilasi umumnya mengandung beberapa komponen utama (Komariah dkk, 2009), yaitu:

a) Sebuah *Shell* vertikal dimana pemisahan komponen *liquid* terjadi, terdapat pada bagian dalam kolom (*internal column*) seperti *tray* atau *plate* dan *packing* yang digunakan untuk meningkatkan derajat pemisahan komponen.
b) Sebuah *Reboiler* untuk menyediakan penguapan yang cukup pada proses distilasi.
c) Kondenser untuk mendinginkan dan mengkondensasikan uap yang keluar dari atas kolom.
d) *Reflux drum* untuk menampung uap yang terkondensasi dari top kolom sehingga *liquid (reflux)* dapat di *recycle* kembali ke kolom.

Rumah *shell* vertikal bagian dalam kolom beserta kondenser dan reboiler membentuk sebuah kolom distilasi. Gambaran unit distilasi dengan satu *feed* dan dua aliran produk adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Skema Distilasi Sederhana

(Sumber: Komariah dkk, 2009)

Pada pengoperasian distilasi, campuran *liquid* yang akan diproses dikenal sebagai *feed* dan diinput pada bagian tengah kolom pada sebuah *tray* yang dikenal sebagai *feed tray*. *Feed tray* dibagi menjadi kolom atas (*enriching or rectification*) dan kolom *bottom* (*stripping*). *Feed* mengalir ke bawah kolom dikumpulkan pada bagian bawah *reboiler*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Panas di suplai ke *reboiler* untuk menghasilkan uap. Sumber panas dapat berasal dari fluida, tetapi kebanyakan juga digunakan *steam*. Pada penguapan, sumber panas di dapat dari aliran keluar dari kolom lain. Uap terbentuk pada *reboiler* diinput kembali pada bagian *bottom*. *Liquid* dikeluarkan dari reboiler dikenal sebagai produk *bottom*. Uap bergerak ke atas kolom, didinginkan oleh kondensor. *Liquid* yang dikondensasi ditampung pada vessel yang dikenal sebagai *reflux* drum. Sebagian *liquid* di *recycle* kembali ke top yang dikenal *reflux*. *Liquid* yang terkondensasi dikeluarkan dari sistem dikenal sebagai destilat atau produk top. Selain itu, pada distilasi terdapat beberapa hal penting yang harus diperhatikan yaitu *dew point*, *bubble point*, *reflux minimum* (*Rmin*) dan *relative volatility* (Komariah dkk, 2009).

2.8.2.1 *Dew point*

Dew point atau suhu pengembunan adalah suhu di mana dalam sistem semua komponen berupa uap, kecuali satu titik berupa embun (cairan) atau suhu dimana uap dalam kondisi akan segera mengembun pada tekanan tertentu (Harmiyanto, n.d.). Pada kondisi ini jumlah mol fraksi cairan sama dengan satu atau :

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i}{P} \quad \text{(Perry, 2008)} \qquad (2.15)$$

P_i = tekanan uap ; P = tekanan total

K_i = Konstanta kesetimbangan komponen i pada suhu dan tekanan tertentu.

x_i = fraksi mol pada komponen i (*liquid*)

y_i = fraksi mol pada komponen i (*vapour*)

Tekanan uap tiap komponen dihitung dengan menggunakan persamaan Antoine:

$$\log P_i = A - \left[\frac{B}{T + C}\right] ; \; P_i = \text{mmHg; T = K} \qquad (2.16)$$

Data konstanta Antoinie (A, B, C) masing-masing komponen diperoleh dari *database* SuperPro, sedangkan T merupakan suhu *dew point* yang akan dihitung. Untuk mendapatkan *dew point* maka Syarat $\sum x_i = \sum \frac{y_i}{K_i} = 1$ (Perry, 2008) (2.17)

Aplikasi penentuan *dew point* ini adalah dalam kolom fraksinasi, yakni untuk menentukan kondisi operasi dari kondensor, sehingga uap yang keluar dari puncak kolom dapat dicairkan di kondensor. Cara penentuan *dew point* uap/gas yang terdiri dari beberapa

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

komponen adalah dengan metode *trial & error*. Langkah-langkah perhitungan (Harmiyanto, n.d.) sebagai berikut :

1. Asumsikan suhu *dew point* pada tekanan kolom bagian atas.
2. Baca K_i masing-masing komponen pada suhu dan tekanan tersebut.
3. Bagi masing-masing mole fraksi dengan K_i $\left(\frac{y_i}{K_i}\right)$.
4. Jumlahkan hasil dari langkah 3 $\left(\sum \frac{y_i}{K_i}\right)$. Apabila jumlahnya = 1,00 berarti suhu yang diasumsikan tadi sudah benar, sedangkan apabila tidak diulangi langkah 1 s/d 4.

2.8.2.2 *Bubble point*

Bubble point (*boiling point*) adalah suhu dimana cairan dalam suatu sistem mulai mendidih atau suhu dimana sistem semua komponen dalam fase cair, kecuali satu titik gelembung yang berada dalam fase uap. Satu titik gelembung itu dianggap tidak berpengaruh terhadap jumlah mol fraksi cairannya. Jumlah mol fraksi semua komponen adalah 1 (satu), baik fase cair maupun uap (Harmiyanto, n.d.). Mendidih adalah berubah fase, secara ideal berlangsung secara setimbang. Secara keseluruhan perhitungan *bubble point bottom* sama seperti *dew point destilat* hanya saja untuk mendapatkan *bubble point* maka syarat $\sum y_i = \sum K_i x_i = 1$ (Perry, 2008) (2.18)

Cara penentuan *bubble point* suatu zat cair yang terdiri dari beberapa komponen adalah dengan metode *trial & error*. Langkah-langkah perhitungan (Harmiyanto, n.d.) sebagai berikut:

1. Asumsikan suhu *bubble point* pada tekanan yang diketahui.
2. Baca K_i masing-masing komponen pada suhu dan tekanan tersebut.
3. Kalikan masing-masing Ki dengan mole fraksinya ($K_i x_i$)
4. Jumlahkan hasil dari langkah 3 ($\sum K_i x_i$). Apabila jumlahnya = 1,00 berarti suhu yang diasumsikan tadi benar, sedangkan apabila tidak ulangi langkah 1 s/d 4.

Aplikasi dari *bubble point* ini adalah penentuan suhu operasi dari *Reboiler* dalam sistem distilasi pada tekanan kolom distilasi bagian bawah.

2.8.2.3 *Relative volatility*

Relative volatility adalah ukuran beda volatilitas antara 2 komponen dan juga titik-titik didihnya (Perry, 2008). Volatilitas relatif menunjukkan mudah atau sukarnya suatu pemisahan tertentu.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\alpha_{i,j} = \frac{K_i}{K_j}$$ (Perry, 2008) (2.19)

K_i = rasio kesetimbangan komponen j; K_i = rasio kesetimbangan komponen i

$$\alpha = \sqrt{(\alpha_{top}\alpha_{bottom})}$$ (Perry, 2008) (2.20)

α = *relative volatility* rata-rata

α_{top} = *relative volatility* pada *distilat*

α_{bottom} = *relative volatility* pada *bottom*

2.8.2.4 *Reflux minimum* (*Rmin*)

Rasio refluks didefinisikan sebagai rasio antara jumlah mol uap yang diubah menjadi cairan yang dikembalikan ke dalam kolom fraksionasi dengan jumlah mol cairan yang dikumpulkan sebagai distilat dalam waktu tertentu (Susilo, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menentukan refluks minimum adalah dengan persamaan *Underwood* (Perry, 2008):

$$R_m + 1 = \sum \frac{\alpha_i x_{iD}}{\alpha_i - \Phi}$$; x_{if} = fraksi mol komponen i pada distilat (2.21)

Nilai Φ dapat dicari dengan :

$$1 - q = \sum \frac{\alpha_i x_{if}}{\alpha_i - \Phi}$$; x_{if} = fraksi mol komponen i pada posisi umpan (2.22)

Umpan masuk adalah cairan pada titik didihnya maka q = 1

Sehingga : $\sum \frac{\alpha_i x_{if}}{\alpha_i - \Phi} = 0$; Nilai Φ di *trial* hingga $\sum \frac{\alpha_i x_{if}}{\alpha_i - \Phi} = 0$.

2.8.3 Metode Distilasi

Pada proses distilasi, campuran azeotrop tidak dapat dipisahkan secara efisien dengan cara distilasi biasa melainkan dengan cara lain seperti distilasi kontinyu dengan refluks (rektifikasi). Metode ini menggunakan sejumlah *stage* yang disusun secara bertingkat (*cascade*) sehingga akan meningkatkan proses pemisahan. Proses distilasi bertingkat yaitu suatu proses distilasi dengan letak pengambilan hasil bertingkat-tingkat atau setelah didistilasi, hasilnya didistilasi lebih lanjut untuk memperoleh konsentrasi yang lebih baik. Proses ini banyak dipakai dalam bidang minyak bumi, juga pada proses distilasi campuran azeotrop dengan menambahkan komponen ketiga yang dapat larut dalam salah satu komponen pada campuran tersebut. Metode rektifikasi memiliki beberapa keuntungan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

yaitu kapasitas operasi lebih besar, biaya lebih murah, laju distilasi konstan, hasil distilasi memiliki tingkat konsentrasi lebih tinggi, namun kadar etanol yang dihasilkan dari proses ini masih belum memenuhi syarat sebagai bahan bakar (>99,5%) dan masih tetap mempertahankan keadaan azeotropnya. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Susilo (2009) menunjukkan bahwa metode distilasi kontinu dengan refluks (rektifikasi) hanya mampu memurnikan etanol sebesar 94,84% (sampel etanol 10%) dan 97,6% (sampel etanol 30%). Kondisi ini belum dapat digunakan sebagai bahan bakar karena kandungan airnya masih cukup tinggi.

Metode lainnya adalah distilasi azeotrop yang melibatkan penambahan bahan kimia ketiga yang disebut *entrainer* seperti benzena dan cyclohexane ke dalam sistem selama proses distilasi sehingga akan terbentuk campuran azeotrop benzena-etanol-air dengan titik didih 64,9^{o}C. Titik didih campuran tersebut lebih rendah dari campuran etanol-air (78,2^{o}C) sehingga etanol dapat dipisahkan dari air dengan destilasi bertingkat, tetapi pemisahan etanol dengan metode ini akan menyisakan beberapa ppm residu benzena di dalam etanol yang diperoleh. Benzena adalah bahan yang *toxic* bagi manusia, selain itu penggunaan metode ini juga menghasilkan etanol yang tidak murni sehingga metode ini tidak banyak dipergunakan (Graham, 2003; dikutip oleh Helmy, 2012).

Proses alternatif lain untuk meningkatkan kemurnian etanol adalah distilasi ekstraktif. Prinsip dasar dari distilasi ekstraktif adalah dengan menambahkan suatu zat (*solvent*) tertentu ke dalam campuran azeotrop, tanpa menyebabkan terbentuknya titik azeotrop baru (Huang dkk, 2008; dikutip oleh Bisowarno dkk, 2010). *Solvent* bersifat relatif tidak mudah menguap sehingga keluar sebagai produk bawah bersama dengan komponen pengotor yang kurang *volatile* dan memiliki titik didih antara 50-100°C lebih tinggi daripada campuran yang hendak dipisahkan. Kriteria *solvent* yang baik, antara lain: memiliki selektivitas tinggi, murah dan mudah diperoleh, tidak beracun, tidak korosif, stabil secara kimia, titik beku rendah untuk kemudahan penyimpanan, dan viskositas rendah untuk memberikan efisiensi *tray* yang tinggi (Treybal, 1981; dikutip oleh Bisowarno dkk, 2010). Salah satu *solvent* yang digunakan adalah campuran etilen glikol dan gliserol, namun penggunaan *solvent* pada distilasi azeotrop maupun ekstraktif masih dianggap tidak ramah lingkungan serta dapat membahayakan kesehatan manusia karena dapat bersifat karsinogik (Kohl, 2004; dikutip oleh Wahyudi, 2010).

Metode lain yang dapat digunakan adalah penyaring molekuler (*molecular sieve*) yang dalam hal ini adalah zeolit. *Molecular sieve* (MS) atau penyaring molekuler adalah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

suatu bahan yang memiliki pori-pori kecil dan digunakan sebagai adsorben cairan dan gas. Molekul penyaring ini secara selektif menyerap air hingga 20% dari berat bahan itu sendiri. Zeolit merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai material MS. Prinsipnya adalah zeolit yang berukuran 3 Angstrom hanya menarik air yang ukuran lebih kecil yaitu 0,28 Angstrom dibandingkan bioetanol dengan ukuran 4,4 Angstrom (Onuki, 2006; dikutip oleh Wahyudi, 2010). Selain harganya murah, metode ini memiliki proses yang sangat sederhana, sehingga mudah diotomatisasi, regenerasinya relatif mudah sehingga dapat digunakan berulang kali, prosesnya tidak menggunakan bahan kimia tambahan yang memerlukan penanganan tertentu yang mungkin dapat membahayakan para pekerja. Zeolit yang dapat digunakan adalah zeolit alam dan sintetis, namun sebelum digunakan sebagai adsorben, zeolit alam harus diaktifkan terlebih dahulu agar jumlah pori-pori yang terbuka lebih banyak sehingga luas permukaan pori-pori bertambah sehingga dapat meningkatkan kemampuan daya serap zeolit. Pengaktifan tersebut memerlukan proses yang rumit dengan suhu yang tinggi (300-400˚C) atau dilakukan dengan larutan asam H_2SO_4 sehingga akan menambah biaya pada produksi. Prinsip pada MS ini adalah alkohol yang berbentuk cair maupun uap dilewatkan kolom yang berisi bahan penyaring, air akan tertahan dalam bahan tersebut dan akan diperoleh alkohol murni (Rini, 2010). Biasanya proses ini menggunakan dua kolom, kolom kedua untuk aliran uap alkohol sedangkan pada kolom pertama setelah proses dialirkan udara atau gas panas untuk menguapkan air (Afriani dkk, 2015).

2.8.4 Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Heat Exchanger (*HE*), adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin atau suatu alat yang menghasilkan perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi ke fluida yang temperaturnya lebih rendah atau alat yang dapat memindahkan panas dari satu sistem ke sistem yang lain tanpa terjadi perpindahan massa dari dari sistem satu ke sistem lainnya. Biasanya, medium pemanas yang dipakai adalah uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien (Septianto, 2010). Alat penukar panas pada perancangan bioetanol adalah :

a) *Cooler* berfungsi mendinginkan umpan sebelum dimasukkan ke fermentor.
b) *Heater* berfungsi memanaskan etanol sebelum dialirkan ke menara distilasi.
c) Kondensor berfungsi mengubah fasa uap campuran etanol-air menjadi fasa cair.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

d) *Reboiler* berfungsi menaikkan suhu campuran etanol, air dan glukosa sebelum dimasukkan ke dalam kolom distilasi.

2.9 Utilitas Produksi Bioetanol

Dalam suatu perancangan, utilitas merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya proses produksi. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarananya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu proses. Berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada perancangan produksi bioetanol ini adalah kebutuhan uap (*steam*), kebutuhan air, kebutuhan listrik, kebutuhan bahan bakar dan unit pengolahan limbah.

2.10 Generator Set

Generator Set (Genset) merupakan kombinasi antara pembangkit listrik (generator) dan mesin penggerak yang digabung dalam satu set unit untuk menghasilkan tenaga listrik menggunakan bahan bakar solar (mesin diesel), bensin (mesin otto) dan gas (Marsudi, 2005). Umumnya, genset digunakan untuk listrik pedesaan dengan kapasitas berkisar dari 1 kW sampai beberapa ratus kW tergantung pada permintaan beban. Ukuran yang lebih kecil (<5 kW) biasanya menggunakan bahan bakar bensin, tetapi genset yang berkapasitas lebih besar mengandalkan bahan bakar diesel (solar). Performa mesin genset dapat diketahui dengan melakukan uji eksperimen atau melalui pendekatan literatur dengan memperhatikan parameternya. Parameter yang akan dievaluasi terhadap penggunaan penggunaan bahan bakar pada generator set adalah sebagai berikut.

1. *Total fuel consumption* (TFC) adalah perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap periode tertentu atau bisa disebut juga dengan *fuel mass flow rate*. Adapun rumusnya (Ahmed, 2017) adalah sebagai berikut.

$$\mathrm{T.F.C\ (kg/hr)} = \frac{\mathrm{m} \times \rho \times 3600}{1000 \times \mathrm{T}} \tag{2.23}$$

   m = *fuel burette reading* (cc)

   ρ = *density of fuel* (gram/cc)

   T = *time taken* (seconds)

2. *Specific fuel consumption* (SFC) adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan. Pengukuran *SFC* dilakukan pada beban yang tetap selama periode tertentu. Adapun rumusnya (Ahmed, 2017) adalah sebagai berikut.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$S.F.C\ (kg/kWh) = \frac{T.F.C}{P} \quad (2.24)$$

$T.F.C =$ *Total fuel consumption* (kg/h)

$P =$ *Output power of generator* (kW)

3. Efisiensi mesin generator set

$$\eta\ (\%) = \frac{3600 \times P}{T.F.C \times LHV} \times 100\% \quad \text{(Ahmed, 2017)} \quad (2.25)$$

$T.F.C =$ *Total fuel consumption* (kg/h)

$LHV =$ *Lower heating value of fuel* (kJ/kg)

$P =$ *Output power of generator* (kW)

2.11 Pemodelan dan Simulasi

2.11.1 Model

Model merupakan representasi sistem dalam kehidupan nyata yang menjadi fokus perhatian dan menjadi pokok permasalahan. Pemodelan dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan model dari sistem tersebut dengan menggunakan bahasa formal tertentu. Pengembangan suatu model dapat dilakukan dengan menggunakan aturan-aturan diantaranya (Suryani, 2006) yaitu:

1. Elaborasi

   Pengembangan model sebaiknya dimulai dari yang paling sederhana kemudian secara bertahap dielaborasi menjadi model yang representatif. Penyederhanaan permasalahan dapat dilakukan dengan menggunakan asumsi-asumsi yang diperlukan, sesuai dengan tujuan pembuatan modelnya.
2. Analogi

   Pengembangan model dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip-prinsip dan teori-teori yang sudah dikenal luas.
3. Dinamis

   Pengembangan model bukanlah suatu proses mekanis dan linier, sehingga dalam tahap pengembangannya mungkin saja terdapat proses pengulangan

Pemodelan dilakukan untuk menjelaskan sekumpulan fakta karena belum ada teori, mencari konfirmasi bila telah ada teori dan sebagai alat pengambilan keputusan. Keuntungan menggunakan model yaitu dapat melakukan percobaan pada situasi kompleks, hemat biaya, hemat waktu dan fokus pada karakteristik penting permasalahan (Harrell dkk,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2003). Berikut ini adalah jenis-jenis model menurut Shannon dan Sadowski (1995), Harrel, dkk (2004).

1. Model Ikonis, yaitu model simulasi yang terlihat menyerupai sistem nyata dan sering disebut sebagai simulator.
2. Model Simbolik, yaitu model simulasi yang mengkaji simulasi dalam bentuk matematis maupun menggunakan simbol.
3. Model Prediktif, yaitu model yang menunjukkan apa yang akan terjadi, bila sesuatu terjadi atau meramalkan hasil dari kondisi tertentu.
4. Model Heuristik, yaitu model yang digunakan untuk mencari jawaban baik tetapi bukan yang optimum. Model heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba-coba, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang dan pemilihan langkahnya bebas sampai diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal (Subagyo, 2000; dikutip oleh Rafflesia, 2012).
5. Model Simulasi, yaitu model yang digunakan untuk mencari jawab baik yang menguntungkan pada sistem yang sangat kompleks.

2.11.2 Simulasi

Simulasi adalah tiruan dari sebuah sistem dinamis dengan menggunakan model komputer untuk melakukan evaluasi dan meningkatkan kinerja sistem. Menurut Law dan Kelton (dikutip oleh Suryani, 2006), simulasi didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu. Sedangkan menurut Shannon (dikutip oleh Suryani, 2006), simulasi merupakan proses perancangan model dari sistem nyata yang dilanjutkan dengan pelaksanaan eksperimen terhadap model untuk mempelajari perilaku sistem atau evaluasi strategi.

2.11.3 Manfaat Simulasi

Model simulasi merupakan *tool* yang cukup fleksibel untuk memecahkan masalah yang sulit untuk dipecahkan dengan model matematis biasa. Model simulasi sangat efektif digunakan untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan analitis dari model tersebut. Oleh karena itu, manfaat yang didapat dengan menggunakan metode simulasi adalah sebagai *tool* bagi perancang sistem atau pembuat Keputusan. Adapun kelebihan model simulasi (Suryani, 2006) yaitu:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

1. Tidak semua sistem dapat dipresentasikan dalam model matematis, simulasi merupakan alternatif tepat.
2. Dapat bereksperimen tanpa adanya risiko pada sistem nyata. Dengan simulasi memungkinkan untuk melakukan percobaan terhadap sistem tanpa harus menanggung risiko terhadap sistem yang berjalan.
3. Simulasi dapat mengestimasi kinerja sistem pada kondisi tertentu dan memberikan alternatif desain terbaik sebaik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
4. Simulasi memungkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu relatif singkat dan dapat menggunakan *input* data bervariasi.

Adapun kekurangan model simulasi (Suryani, 2006), yaitu:

1. Kualitas dan analisis model tergantung pada si pembuat model.
2. Hanya mengestimasi karakteristik sistem berdasarkan masukan tertentu.

2.10.4 Struktur Dasar Model Simulasi

Sebelum proses pembuatan model dimulai, pertama-tama harus dipahami tentang struktur *building blok* dari mana model tersebut akan dibangun. Walaupun model yang akan dibuat sangat kompleks, pada dasarnya struktur dasarnya sangat sederhana. Setiap model pada umumnya akan terdiri dari beberapa unsur berikut (Suryani, 2006).

1. Komponen-komponen model: merupakan entitas yang membentuk model. Entitas di sini didefinisikan sebagai objek sistem yang menjadi pokok perhatian.
2. Variabel: nilai yang selalu berubah.
3. Parameter: nilai yang tetap pada suatu saat, tapi dapat berubah di waktu yang lain.
4. Hubungan fungsional: memberikan hubungan antar komponen-komponen model.
5. Konstrain: batasan dari problem yang dihadapi.

2.12 SuperPro Designer

SuperPro Designer merupakan *tool* yang dikembangkan oleh Intelligen, Inc. SuperPro Designer memberikan pemodelan, proses evaluasi dan optimasi yang terintegrasi pada industri secara luas seperti *Pharmaceutical, Biotech, Specialty Chemical, Food, Consumer Goods, Mineral Processing, Water Purification, Wastewater Treatment, Air Pollution Control,* dan lain-lain. SuperPro Designer merupakan perangkat lunak yang banyak digunakan oleh para *engineer* dan ilmuwan dari beberapa perusahaan seperti Ajinomoto (Jepang), Allergan, Avecia (Inggris), Aventis (Perancis, Canada, dan Amerika Serikat), AWE (Inggris), Baxter BioScience, dan lain-lain (SuperPro Designer, n.d.).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Beberapa software lainnya juga memiliki kemampuan yang sama, tetapi dengan beberapa pertimbangan seperti Aspen Plus (cukup luas digunakan dalam industri tetapi semua komponen dan model harus didefinisikan sendiri), SimSci PRO II (tidak memiliki fitur analisis ekonomi), ProTreat (jumlah komponen, model dan unit terbatas), CO2SIM (*database* terbatas) dan Hysys (dari segi penggunaan, SuperPro Designer lebih *user friendly* dibandingkan Hysys). Perangkat dari *software* SuperPro Designer memberikan susunan pilihan yang terbaik untuk setiap proses kimia, biokimia atau teknik lingkungan dan ilmuwan dalam bidang *R&D* , teknik proses atau manufaktur. Pada SuperPro Designer ini juga berhubungan dalam biokimia, farmasi, perusahaan makanan atau yang berhubungan dengan konsultan lingkungan juga pemurnian/perawatan air. Perlengkapan yang terdapat di dalam SuperPro Designer ini meliputi beberapa alternatif proses, yaitu neraca massa dan energi dari proses yang tergabung, pengaturan ukuran peralatan, penjadwalan dari proses *batch*, analisis biaya dan evaluasi keekonomisan, analisis produk dan dugaan dampak lingkungan. Perangkat ini dapat membuat laporan ke dalam aplikasi Windows yang sering digunakan seperti Ms. Excel, Ms. Word, dan lain lain (SuperPro Designer, n.d.).

Dalam membuat desain simulasi pada SuperPro diperlukan tahap-tahap dasar seperti menentukan mode operasi, menentukan *default physical units*, mendefinisikan komponen dan campuran, menentukan unit prosedur, menentukan aliran *input* dan *output*, menentukan operasi, menentukan *labor requirements*, melakukan analisis biaya dan proses penjadwalan (Berg dkk, n.d.).

2.12.1 Menentukan Mode Operasi

Mode operasi yang disediakan oleh SuperPro® adalah *Batch* dan *Continuous*. Berikut perbedaan kedua mode operasi tersebut.

Tabel 2.5. Perbedaan *batch* dan *continuous* pada simulasi (software SuperPro)

Batch	*Continuous*
Informasi penjadwalan diperlukan	Informasi penjadwalan diperlukan
Waktu *batch plant* terkalkulasi	Waktu *batch plant* tidak terkalkulasi
Laju aliran ditampilkan di tiap basis *batch*	Laju aliran ditampilkan di tiap jam basis

Sumber: Pratama (2012)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.12.2 Menentukan *Default Physical Units*

Pada SuperPro® pengguna juga dapat menentukan unit pengukuran apa yang akan digunakan seperti:

Time in	: *yr, mo, s, min, h, day, wk*
Mass in	: *lbmol, mol, kmol, lb, MT, ton, oz (troy), oz (avdp), g, kg*
Volume in	: yd^3, *L, Mgal, Kgal, gal,* ft^3, m^3
Composition in	: *ppb, ppm, [0…1]*
Concentration in	: *lbmol/gal, kmol/L, micro-mol/L, mmol/L, mol/L, mg/L,* g/cm^3, *g/L*
Density in	: g/cm^3, *g/L*
Temperature in	: *deg R, deg K, deg F, °C*
Pressure in	: inH_2O, *inHg,* cmH_2O, *mmHg, psi, atm, bar, Pa*

2.12.3 Mendefinisikan Komponen dan Campuran

SuperPro Designer memiliki databank yang menyediakan berbagai macam jenis komponen dan campuran yang memudahkan penggunanya dalam melakukan simulasi seperti H_2SO_4, H_2O, NaOH, Urea, dll. Apabila komponen dan campuran tersebut tidak terdapat di databank maka pengguna dapat membuat yang baru dengan menekan tombol *new* dan kemudian mengidentifikasi data-data komponen melalui *properties*. Data-data komponen tersebut seperti formula kimia, *molecular weights, density, boiling point, acentric factor,* dll (Berg dkk, n.d.).

2.12.4 Menentukan Unit Prosedur dan Operasi

Setelah komponen tersebut ditentukan, tahap selanjutnya adalah menambahkan unit prosedur yang akan terlibat pada proses simulasi. Unit Prosedur tersebut adalah bagian peralatan yang akan dimodelkan beserta dengan unit operasi yang terlibat. Sebelum unit prosedur tersebut diinput maka kemampuan, fungsi dan unit operasi yang dibutuhkan dari unit prosedur tersebut harus diketahui terlebih dahulu. Berikut ini daftar unit prosedur pada SuperPro yang berguna dalam bioproses beserta unit operasi dari setiap unit prosedur (Berg dkk, n.d.). Unit Prosedur yang akan dibahas pada sub bab ini hanya unit prosedur yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.6. Unit Prosedur dan Unit Operasi

Unit Prosedur	Unit Operasi	
1. *Batch Vessel Procedure*		
In a Reactor - Unit reaksi yang menggambarkan stoikiometri yang terjadi di *stirred-jacketed vessel* dan bekerja di mode *batch*. Ukuran reaktor berdasarkan volume bahan dalam proses.	*Agitate* *Charge* *CIP* *Cool* *Crystallize* *Distil* *Evacuate* *Extract / Phase Split* *Ferment (Kinetic)* *Ferment (Perfusion)* *Ferment (Stoichiometric)* *Gas Sweep* *Heat* *Hold*	*Load and Split* *Pressurize* *Pull In* *Pull Out* *Purge / Inert* *React (Equilibrium)* *React (Kinetic)* *React (Stoichiometric)* *Sample* *SIP* *Split (Component Flow)* *Transfer In* *Transfer Out* *Vaporize / Concentrate*
In a Fermentor - Unit reaksi yang menggambarkan stoikiometri yang terjadi di *stirred-jacketed vessel* dan bekerja di *continuously* atau *semi-continuously*). Ukuran tangki berdasarkan volume bahan dalam proses.	*Agitate* *Charge* *Clean-in-Place (CIP)* *Cool* *Crystallize* *Evacuate* *Extract/Phase Shift* *Ferment (Kinetic)* *Ferment (Stoichiometric)* *Gas Sweep* *Heat* *Hold*	*Pressurize* *Pull In* *Pull Out* *Purge / Inert* *React (Equilibrium)* *React (Kinetic)* *React (Stoichiometric)* *Steam-in-Place (SIP)* *Transfer In* *Transfer Out* *Vaporize/Concentrate* *Vent*
2. *Centrifugation*		
Decanter - *Memisahkan solid-liquid* atau *liquid-liquid. Prinsip pemisahan berdasarkan perbedaan masa jenis antara 2 fase.*	*Centrifuge* *CIP* *Hold* *SIP*	

Sumber: Berg, dkk (n.d.)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Tabel 2.6. Unit Prosedur dan Unit Operasi (lanjutan)

3. *Distillation*		
Continuous (Short-Cut) - Fraksinasi multi-stage berdasarkan perbedaan *volatility* menggunakan model *short-cut*.	*Distill* *Hold*	
4. *Storage/Blending*		
Batch: Receiver - Penyimpanan bahan dengan mode *batch* pada tangki *receiver*. Ukuran tangki berdasarkan volume bahan dalam proses.	*Agitate* *Charge* *Clean-in-Place (CIP)* *Cool* *Evacuate Extract / Phase* *Split* *Gas Sweep* *Heat* *Hold*	*Pressurize* *Pull In* *Pull Out* *Purge / Inert* *Steam-in-Place (SIP)* *Store* *Transfer In* *Transfer Out* *Vent*
5. *Heat Exchange*		
Heating - Meningkatkan suhu menggunakan *heat transfer agent*.	*Clean-in-Place (CIP)* *Heat* *Hold*	
Cooling - Menurunkan suhu menggunakan *cooling* transfer *agent*.	*Clean-in-Place (CIP)* *Cool* *Hold* *Steam-in-Place (SIP)*	
6. *Splitting*		
Bulk Flow	*Clean-in-Place (CIP)* *Hold*	*Split* *Steam-in-Place (SIP)*
7. *Size Reduction*		
Grinding (Bulk) - Mengecilkan ukuran dari *bulk solids* di dalam *grinder*.	*Grind* *CIP* *Hold* *SIP*	

Sumber: Berg, dkk (n.d.)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

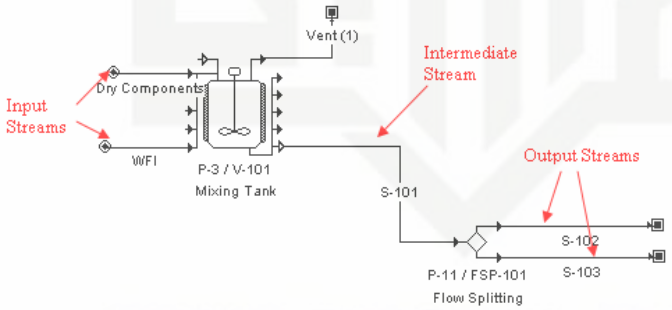
Tabel 2.6. Unit Prosedur dan Unit Operasi (lanjutan)

8. *Transport (near)*		
Centrifugal Pump - Mengalirkan bahan yang mengandung cairan menggunakan pompa sentrifugal.	*Pump* *Grind* *CIP* *Hold* *SIP*	

Sumber: Berg, dkk (n.d.)

2.12.5 Menentukan Aliran *Input* dan *Output*

Aliran yang digunakan SuperPro® berguna untuk menyalurkan bahan menuju, antara, dan keluar dari unit prosedur. Terdapat 2 mode yang digunakan utuk menggambarkan aliran yaitu *Connect Mode* dan *Temporary Connect Mode*. Melalui penentuan aliran *input* dan *output* maka akan diketahui apakah aliran tersebut merupakan aliran masuk, aliran keluar atau sebagai penghubung unit prosedur dan juga akan akan diketahui material apa yang terdapat pada aliran tersebut. Pada aliran *input* maka harus diklasifikasikan terlebih dahulu apakah termasuk jenis *raw material* atau *revenue*. Sedangkan klasifikasi pada aliran *output* adalah *revenue, solid waste, liquid waste* atau emisi (Berg dkk, n.d).



Gambar 2.4 Jenis Perbedaan Aliran Proses

(Sumber: SuperPro Designer, n.d)

2.12.6 Proses Penjadwalan

Setup time ditentukan oleh SuperPro untuk setiap operasi berdasarkan standar simulasi. Penjadwalan proses ini dapat ditentukan oleh user, dapat juga dihitung oleh SuperPro dimana user harus menginput *mass flow rate* atau *volumetric flow rate* terlebih dahulu. Penjadwalan ini juga dapat ditentukan melalui *master-slave relationship* dimana

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

pengguna dapat menentukan durasi proses berdasarkan durasi yang berasal dari proses lain. Proses penjadwalan menandakan kapan tiap-tiap operasi akan dimulai. Jika *starting time* diketahui maka pengguna dapat memasukkannya pada *Start Time*. Jika *starting time* tidak diketahui maka dapat diatasi melalui *scheduling relationship* yang terdiri dari:

1. *Relative to the beginning of the batch* (berdasarkan awal proses batch)
2. *Relative to a previous operation in the procedure* (berdasarkan kondisi operasi sebelumnya pada unit prosedur tersebut)
3. *Relative to another operation in the procedure* (berdasarkan kondisi operasi yang berbeda pada unit prosedur yang sama)
4. *Relative to an operation in another procedure* (berdasarkan operasi pada unit prosedur yang berbeda)

2.12.7 Menentukan *Labor Requirements*

Penentuan *labor requirements* (tenaga kerja) dapat menampilkan evaluasi ekonomi yang lebih akurat dari proses simulasi. *Labor requirements* dapat didefinisikan untuk setiap unit prosedur dan unit operasi dengan menentukan jenis *labor* (operator, supervisor, dll) dan unit *labor* (*Labor-hrs/hr or Labor-hrs/cycle*) (Berg dkk, n.d.).

2.12.8 Menampilkan Analisis Biaya

Evaluasi ekonomi merupakan aspek yang sangat penting dalam proses simulasi. Sebelum analisis ekonomi dilakukan maka ada beberapa hal yang harus ditentukan terlebih dahulu yaitu biaya komponen, biaya aliran, biaya peralatan, biaya tenaga kerja dan utilitas.

2.13 Konsep Tekno Ekonomi

Tekno ekonomi memuat tentang bagaimana membuat sebuah keputusan *(decision making)* yang dibatasi oleh ragam permasalahan yang berhubungan dengan seorang *engineer* sehingga menghasilkan pilihan yang terbaik dari berbagai alternatif pilihan. Keputusan yang diambil berdasarkan suatu proses analisis, teknik dan perhitungan ekonomi.

2.13.1 Aspek Teknis

Aspek teknis merupakan salah satu aspek penting dalam proyek, yang berkenaan dengan proses pembangunan secara teknis dan pengoperasiannya setelah proyek tersebut selesai dibangun. Berdasarkan analisis ini dapat diketahui rancangan awal penaksiran biaya investasi (Husnan dan Suwarsono, 2000; dikutip oleh Perdana, 2011). Analisis teknis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

secara spesifik mencakup analisis terhadap ketersediaan bahan baku, proses produksi, mesin dan peralatan, kapasitas produksi, perancangan aliran bahan, analisis keterkaitan antar aktivitas, jumlah mesin dan peralatan, keperluan tenaga kerja, penentuan lokasi dan luas pabrik (Husnan dan Suwarson, 2000; dikutip oleh Perdana, 2011). Penentuan lokasi proyek harus memperhatikan faktor-faktor antara lain letak konsumen atau pasar sasaran, letak bahan baku, iklim dan keadaan tanah, fasilitas transportasi, tenaga listrik, air, serta rencana pengembangan industri ke depan (Sutojo, 1996; dikutip oleh Perdana, 2011).

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis teknologis yaitu jenis teknologi yang diajukan harus dapat menghasilkan standar mutu produk yang dikehendaki pasar, teknologi tersebut harus cocok dengan persyaratan yang diperlukan untuk mencapai kapasitas produksi ekonomis yang telah ditentukan, kesesuaian bahan baku dan bahan pembantu yang diterapkan secara berhasil di tempat lain. Selain itu, pemilihan teknologi juga harus dikaitkan dengan perhitungan jumlah dana yang diperlukan untuk pembelian mesin dan peralatan yang dibutuhkan serta pengaruhnya terhadap biaya produksi tiap satuan barang yang dihasilkan (Sutojo 1996; dikutip oleh Perdana, 2011).

2.13.2 Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi merupakan penelitian terhadap rencana bisnis yang tidak hanya menganalisis layak atau tidaknya bisnis yang akan dibangun, tetapi juga pada saat dioperasionalkan secara rutin dalam rangka pencapaian keuntungan yang maksimal untuk jangka waktu yang tidak ditentukan. Langkah-langkah studi kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut:

2.13.2.1 Investasi Total

Mengetahui rencana investasi total dimaksudkan untuk mengetahui penggunaan modal yang akan dijalankan demi mengejar sasaran yang menjadi rencana. Modal investasi adalah seluruh modal untuk mendirikan dan mulai menjalankan usaha sampai mampu menarik hasil penjualan. Total modal yang harus dikeluarkan adalah untuk: investasi modal tetap dan investasi modal kerja.

1. Modal Tetap

Modal tetap adalah modal yang digunakan untuk menyediakan segala peralatan dan fasilitas manufaktur pabrik, pembiayaan pemilikan tanah, gedung, sarana-prasarana, mesin, dan perlengkapan yang bersifat tetap. Biaya tersebut terhitung sampai dalam keadaan siap

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

pakai, yang berarti termasuk biaya instalasi mesin dan perlengkapan. Modal investasi tetap ini terdiri dari:

a. Modal Tetap Langsung / *Direct Fixed Capital* (DFC), yaitu modal yang diperlukan untuk mendirikan bangunan pabrik, membeli dan memasang mesin, peralatan proses, dan peralatan pendukung yang diperlukan untuk operasi pabrik. Modal investasi tetap langsung ini meliputi modal bangunan, peralatan proses, peralatan utilitas, instrumentasi dan alat kontrol, perpipaan, instalasi listrik, isolasi (Tarigan, 2009).
b. Modal Tetap Tak Langsung / *Indirect Fixed Capital* (IFC), yaitu modal yang diperlukan pada saat pendirian pabrik (*construction overhead*) dan semua komponen pabrik yang tidak berhubungan secara langsung dengan operasi proses. Modal investasi tetap tak langsung ini meliputi modal untuk pra-investasi, *engineering* dan supervisi, biaya kontraktor (*contractor's fee*) dan biaya tak terduga (*contigencies*) (Tarigan, 2009).

Tabel 2.7. Jenis faktor estimasi biaya investasi tetap

Cost item	Average multiplier	Range of multiplier values
Total plant direct cost (TPDC)		
Equipment purchase cost (PC)		
Installation	0.50 × PC	0.2–1.5
Process piping	0.40 × PC	0.3–0.6
Instrumentation	0.35 × PC	0.2–0.6
Insulation	0.03 × PC	0.01–0.05
Electrical	0.15 × PC	0.1–0.2
Buildings	0.45 × PC	0.1–3.0
Yard improvement	0.15 × PC	0.05–0.2
Auxiliary facilities	0.50 × PC	0.2–1.0
Total plant indirect cost (TPIC)		
Engineering	0.25 × TPDC	0.2–0.3
Construction	0.35 × TPDC	0.3–0.4
Total plant cost (TPC)	TPDC + TPIC	
Contractor's fee	0.05 × TPC	0.03–0.08
Contingency	0.10 × TPC	0.07–0.15
Direct fixed capital (DFC)	TPC + Contractor's fee and contingency	

Sumber: Petrides (2015)

Untuk barang impor maka harga barang tersebut dikenakan pajak impor dengan perhitungan mengacu kepada Bea Cukai Indonesia (KPPBC, 2016) yaitu sebagai berikut.

a) Nilai Pabean = CIF (*Cost/FOB, Insurance, & Freight*) × NDPBM (Nilai Dasar Perhitungan Bea Masuk)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b) Cost/FOB = Pembebasan FOB untuk barang kiriman sebesar 50 USD

c) *Freight* adalah ongkos angkut sampai pelabuhan tujuan ditunjukkan dengan B/L, AWB atau dokumen lainnya. Terdapat 3 bentuk *Freight* (melalui laut) yaitu:

1) 15% untuk barang yang dikirim dari negara selain Asia dan Australia.
2) 5% dari FOB (Free on Board) untuk barang yang dikirim dari negara ASEAN
3) 10% dari FOB untuk Asia-Non Asean atau Australia

d) Insurance (asuransi) yang tercantum dalam polis asuransi. Apabila asuransi ditutup di dalam negeri, asuransi dianggap nihil (importir wajib melampirkan polis asuransi). Asuransi ditetapkan 0,5% dari nilai *Cost and Freight* (CFR).

e) Bea Masuk (BM) = Nilai Pabean x NDPBM x % BM

f) PDRI (PPN dan PPh) yang seharusnya dibayar dihitung dengan cara sebagai berikut:

a) PPn = 10% x (Nilai Pabean + BM)

b) PPh = 2,5% x (Nilai Pabean + BM) (Jika mempunyai API/APIT)
= 7,5% x (Nilai Pabean + BM) (Jika tidak mempunyai API/APIT)
= 15% x (Nilai Pabean + BM) (Jika tidak memiliki NPWP)

g) Total pungutan = BM + PPn + PPh

2. Modal Kerja

Modal kerja adalah modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Jangka waktu pengadaan biasanya antara 3 - 4 bulan, tergantung pada cepat atau lambatnya hasil produksi yang diterima (Tarigan, 2009). Modal kerja diperlukan untuk penyediaan bahan mentah, *start-up* (modal untuk mulai beroperasi), utilitas, pengolahan limbah dan sediaan tunai (untuk gaji, upah, dan yang bersifat operasional).

Estimasi *start-up* sekitar 20-30% dari modal tetap langsung (DFC) dan estimasi modal kerja adalah 10%-20% dari modal tetap. Selain itu, estimasi waktu untuk menjalankan modal kerja seperti *raw materials* (1-2 bulan), *labor* (2-3 bulan), *utilities* (1 bulan), *waste treatment/disposal* (1 bulan) dan biaya tambahan lainnya (Petrides, 2015).

2.13.2.2 Biaya Operasi

Menyusun pembiayaan untuk menjual produk sangat berkaitan dengan volume penjualan yang akan menghasilkan pemasukan uang dan laba, sehingga banyak sekali kebijakan pembiayaan yang harus dibuat agar volume penjualan yang sudah direncanakan dapat tercapai. Biaya operasi untuk menjalankan pabrik biokimia adalah jumlah semua

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

biaya yang harus dikeluarkan termasuk bahan baku (*raw material*), tenaga kerja (*labor*), bahan habis pakai (*consumables*), utilitas, pembuangan limbah (*waste disposal*) dan biaya *overhead* fasilitas. Membagi biaya operasi tahunan dengan tingkat produksi tahunan menghasilkan biaya produksi unit (misalnya, dalam dolar per kilogram). Adapun penjelasannya sebagai berikut.

1. *Raw Material*

Bahan baku disini ialah harga semua bahan yang digunakan untuk memproduksi aliran produk yakni etanol.

2. *Labor-Dependent*

Labor-Dependent (tenaga kerja) meliputi jumlah dan upah tenaga kerja yang diperlukan dalam setiap proses. *Labor* pada SuperPro Designer terdiri dari *fringe benefits*, *supervision*, *operating supplies* dan *administration*. Biaya tahunan operator (termasuk gaji dan tunjangan) sangat bervariasi di seluruh dunia. Berada di kisaran $4,000 sampai $10,000 di negara-negara berkembang dan bisa melebihi $50,000 di negara maju (Petrides, 2015).

3. Utilitas

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya proses produksi. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarananya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi. Utilitas termasuk agen pemanas dan pendingin (*heating and cooling agents*) serta listrik. Jumlah dari *heating and cooling agents* serta listrik dihitung dari keseimabangan neraca material dan energi. Dalam segi biaya terdiri dari kebutuhan *steam* ($5-$15/1000kg), kebutuhan listrik ($0.05-$0.15/kWh), kebutuhan air yaitu *chilled water* ($0.05-$0.1/ 1000 kcal panas yang dikeluarkan) dan *cooling water* ($0.002-$0.01 per 1000 kcal panas yang dikeluarkan) (Petrides, 2015).

4. *Equipment-Dependent*

Equipment-Dependent meliputi depresiasi investasi modal tetap, *maintenance* peralatan, asuransi, pajak properti lokal, dan biaya *overhead* lainnya. Depresiasi merupakan penyusutan nilai dari suatu aset. Asset disini adalah benda yang berwujud, tahan lama, dipergunakan dalam kegiatan operasi dan biasanya disebabkan karena sebab alami dimana membuat benda tersebut tampak usang sehingga akan mengurangi nilai dari

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
UIN SUSKA RIAU

benda tersebut. Selain karena sebab alami juga dikarenakan kapasitasnya sebagai benda tidak lagi memadai atau sudah ketinggalan zaman.

Pada penelitian ini, proses konstruksi diperkirakan 30 bulan. Adapun estimasi waktu depresiasi investasi modal tetap sekitar 10 tahun, depresiasi peralatan 5-7 tahun dan bangunan 25-30 tahun. *Maintenance* peralatan diperkirakan 10% biaya pembelian peralatan, asuransi sekitar 0,5-1 dari biaya modal tetap langsung (DFC), pajak properti lokal sekitar 2-5% dari DFC. Adapun biaya *overhead* seperti *accounting, payroll, fire protection, security, cafeteria*, diperkirakan sekitar 85-10% dari DFC (Petrides, 2015).

5. *Waste Treatment/Disposal*

Pengolahan limbah cair dan pembuangan bahan padat dan berbahaya merupakan biaya operasi penting lainnya. Biaya pengolahan limbah ini sekitar $1/kg (Petrides, 2015).

2.13.2.3 Analisis Pendapatan

Pendapatan terdiri dari semua hasil dari operasi. Pendapatan tersebut berasal dari penjualan etanol serta hasil pengolahan limbah. Adapun penjualan etanol kepada masyarakat dengan harga penjualan berdasarkan Kepmen ESDM No. 3239 K/12/MEM/2015.

Tabel 2.8. Harga Bioetanol 2016

Bioethanol				
Average Ethanol Price** USD/Ton		Formula	Bioethanol MPI IDR/Liter	
25 May — 24 June 2016	675.54	MPI = Average Ethanol Price x 788 Kg/m³ x 1.14	July 2016	8148

Source: energy and mineral resources ministerial decree No. 3239K/12/MEM/2015

Sumber: ESDM (2016)

2.13.2.4 Analisis Finansial

Pada umumnya ada tiga metode yang biasa dipertimbangkan untuk dipakai dalam penelitian aliran kas dan suatu investasi, yaitu metode: *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PBP) dan analisis sensitivitas.

1. *Net Present Value* (NPV)

Analisis ini digunakan untuk melihat bagaimana keadaan dari aliran keuangan perusahaan dalam keadaan sekarang dengan melihat keadaan aliran keuangan yang telah berjalan. Dengan kata lain bahwa analisis ini membandingkan antara penerimaan bersih di masa yang akan datang yang nilai uangnya disamakan ke masa sekarang dengan biaya-biaya yang keluar dalam nilai sekarang juga (Murti, 2010). Tingkat diskonto digunakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

untuk menyamakan nilai uang tersebut. Tingkat diskonto adalah suku bunga yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari arus kas masa depan. Pada penelitian ini, tingkat diskonto tersebut diasumsikan dengan nilai 7% (Petrides, 2015). Menurut Suratman (2002) (dikutip oleh Perdana, 2011), penilaian kelayakan kriteria investasi secara finansial menggunakan NPV, jika NPV bernilai positif maka usulan proyek investasi dinyatakan layak, sedangkan jika NPV negatif dinyatakan tidak layak. Dalam penelitian ini diharapkan nilai NPV tidak negatif.

2. *Internet Rate of Return* (IRR)

Internet Rate of Return (IRR) adalah tingkat suku bunga yang apabila digunakan untuk mendiskonto seluruh kas masuk pada tahun-tahun operasi proyek akan menghasilkan jumlah kas *present value* yang sama dengan jumlah keseluruhan investasi proyek (Suratman, 2002; dikutip oleh Perdana, 2011). IRR dengan kata lain merupakan tingkat keuntungan senyatanya yang akan diperoleh investor dari investasi proyek mereka. Selain itu, IRR merupakan persentase yang menggambarkan keuntungan rata-rata bunga pertahunnya dari semua pengeluaran dan pemasukan besarnya sama. Kriteria pembanding IRR adalah tingkat suku bunga yang berlaku yaitu:

a) Jika nilai IRR ≥ tingkat suku bunga yang berlaku, menunjukkan proyek layak untuk dilaksanakan.
b) Jika nilai IRR ≤ tingkat suku bunga yang berlaku, menunjukkan proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

3. *Payback Period* (PBP)

Payback Period (PBP) merupakan waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal (Newman, 1990; dikutip oleh Perdana, 2011) atau parameter seberapa cepat industri dapat menghasilkan profit sebesar investasi awalnya. PBP diartikan sebagai jangka waktu pada saat NPV sama dengan nol. Nilai NPV berbanding terbalik dengan PBP. Jika nilai NPV semakin besar, maka nilai PBP semakin mengecil dan demikian pula sebaliknya.

4. Analisis Sensitivitas

Suatu proyek dikatakan layak bila diproyeksikan akan berproduksi berdasarkan perhitungan dan hasil evaluasi, tetapi di dalam kenyataannya tidak tertutup kemungkinan akan terjadi kesalahan-kesalahan atau sedikit kesalahan dalam perhitungan yang telah dilaksanakan karena berbagai macam faktor. Faktor-faktor tersebut bersifat mengubah hasil yang telah ada. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut, berarti harus

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau UIN SUSKA RIAU

dilakukan analisis kembali untuk mengetahui sampai sejauh mana dapat dilaksanakan penyesuaian seperlunya. Tindakan menganalisis kembali tersebut termasuk analisis sensitivitas (Ratih, 2010).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU